

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт

Инженерные системы зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.И. Матюшенко
подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2023г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

код и наименование направления

Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна
тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, к.т.н

должность, ученая степень

И.Б. Оленев

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.В. Полуштайцева

инициалы, фамилия

Нормоконтроль

подпись, дата

И.Б. Оленев

инициалы, фамилия

Красноярск 2023

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна» содержит 80 страниц текстового документа, 19 таблицы, 54 формулы, 5 листов графического материала.

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛОЙ ЗОНЫ, ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЙ ПУНКТ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ГАЗА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

Объект – п. Майна, республика Хакасия.

Цели работы:

- разработать проектные материалы по газификации п. Майна;
- выполнить один из вариантов распределительных систем газоснабжения;
- подобрать газовое оборудование для устойчивой работы системы газоснабжения.

Выполнен расчет потребления газа как в целом по поселку, так и в отдельности по разнообразным видам потребления в соответствии с требованиями СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. В поселке запроектирована двухступенчатая система газоснабжения. Для газификации жилой зоны запроектирована многокольцевая сеть низкого давления с тремя газорегуляторными пунктами. Гидравлический расчет сети низкого давления выполнен с использованием математического моделирования. Для сети среднего давления подобраны диаметры и определено давление в конечных точках сети. Подобрано оборудование 3 газорегуляторных пунктов.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Газоснабжение..... | 5 |
| 1.1 Общие сведения о газификации поселка..... | 5 |
| 1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа..... | 7 |
| 1.3 Расчет потребления природного газа населением..... | 9 |
| 1.4 Расчет потребления газа котельной поселка..... | 20 |
| 1.5 Определение суммарного расхода газа для газоснабжения населенного пункта..... | 21 |
| 1.6 Принципиальная схема газоснабжения населенного пункта..... | 21 |
| 1.7 Выбор оптимального количества сетевых ГРП..... | 21 |
| 1.8 Трассировка газовых сетей в поселке..... | 21 |
| 1.9 Гидравлический расчет распределительной сети низкого давления..... | 22 |
| 1.10 Гидравлический расчет сети среднего давления..... | 66 |
| 1.11 Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторной станции..... | 70 |
| Заключение..... | 77 |
| Список сокращений..... | 78 |
| Список использованных источников..... | 79 |

ВВЕДЕНИЕ

Природный газ является одним из важнейших видов топлива, занимая значимое место в структуре потребления наравне с нефтью и углем. Основными потребителями природного газа являются такие отрасли как промышленность и производство электроэнергии. Другими важными сферами его потребления является коммунально-бытовой сектор и транспорт.

Россия является ведущей мировой газовой державой, крупнейшей как по запасам газа, так и по объемам его добычи. И сегодня есть все основания ставить задачу по ускорению масштабного развития газовой отрасли, сделав ее главным экономическим приоритетом страны.

Основной задачей при использовании природного газа является его рациональное потребление, то есть снижение удельного расхода посредством внедрения экономичных технологических процессов, при которых наиболее полно реализуются положительные свойства газа.

В данной бакалаврской работе представлены материалы по газификации поселка Майна, республика Хакасия численность населения которого составляет 4700 человек. Газифицировать поселок Майна предполагается природным газом.

Благодаря техническим решениям, представленным в работе, газификация поселка Майна может вестись на современном технологическом уровне, решая, как задачи газоснабжения населения, так и поддержания экологического баланса.

Бакалаврская работа выполнена в соответствии с СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.

1 Газоснабжение

При разработке бакалаврской работы рассмотрели следующие вопросы. Система газоснабжения поселка должна обеспечивать бесперебойную подачу газа потребителям, быть безопасной в эксплуатации, простой и удобной в обслуживании, а также предусматривать возможность отключения отдельных ее элементов или участков газопроводов для производства ремонтных и аварийных работ. Сооружения, оборудование и узлы в системе газоснабжения следует применять однотипные. Принятый вариант системы должен иметь максимальную экономическую эффективность и предусматривать строительство и ввод в эксплуатацию системы газоснабжения по частям.

При проектировании новых систем газоснабжения сел, использующих в качестве топлива природные газы с избыточным давлением до 1,2 Мпа, необходимо руководствоваться СП 62.13330.2011 и Правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Все виды потребления газа в населенном пункте можно условно разделить на следующие группы:

- 1) расход газа населением в квартирах для приготовления пищи и горячей воды;
- 2) расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий от различных источников теплоснабжения (котельные, местные отопительные установки);
- 3) расход газа на горячее водоснабжение.

1.1 Общие сведения о газификации поселка

Поселок Майна расположен в Республике Хакасия. Численность населения данного поселка составляет 4700 человек. В поселке находится одна котельная.

Газифицировать поселок Майна предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 95,2 %, этан – 2,3 %; пропан – 0,7 %, бутан – 0,1 %, пентан – 0,1 %, углекислый газ – 0,3 %, азот + редкие газы – 1,3 %.

Метеорологические условия:

- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $t_{BH}=22^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования отопления, $t_{P.O} = -37^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования вентиляции, $t_{P.B.} = -37^{\circ}\text{C}$ [12];
- средняя наружного воздуха за отопительный период, $t_{CP.O} = -7,9^{\circ}\text{C}$ [12];
- продолжительность отопительного периода, $n_o = 224$ дня [12].

Исходные данные для газоснабжения жилого сектора – таблица 1.

Таблица 1 – Исходные данные для газоснабжения жилого сектора

| Номер квартала | Число жителей (потребителей газа) | Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м ² | Примечание |
|----------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | 40 | 720 | |
| 2 | 100 | 1800 | |
| 3 | 60 | 1080 | |
| 4 | 45 | 810 | |
| 5 | 90 | 1620 | |
| 6 | 105 | 1890 | |
| 7 | 80 | 1440 | |
| 8 | 60 | 1080 | |
| 9 | 90 | 1620 | |
| 10 | 90 | 1620 | |
| 11 | 30 | 540 | |
| 12 | 110 | 1980 | |
| 13 | 80 | 1440 | |
| 14 | 100 | 720 | |
| 15 | 100 | 1800 | |
| 16 | 110 | 1980 | |
| 17 | 100 | 1800 | |
| 18 | 190 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 19 | 80 | 540 | |
| 20 | 160 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 21 | 130 | 2340 | |
| 22 | 160 | 2880 | |
| 23 | 320 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 24 | 550 | 3600 | |
| 25 | 110 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 26 | 220 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 27 | 350 | 6300 | |
| 28 | 120 | 720 | |
| 29 | 100 | 1080 | |

Окончание таблицы 1 – Исходные данные для газоснабжения жилого сектора

| Номер квартала | Число жителей (потребителей газа) | Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м ² | Примечание |
|----------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| 30 | 30 | 540 | |
| 31 | 120 | 2160 | |
| 32 | 70 | 630 | |
| 33 | 60 | 1080 | |
| 34 | 60 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 35 | 150 | 2700 | |
| 36 | 90 | 1620 | |
| 37 | 70 | 1260 | |
| 38 | 80 | 1440 | |
| 39 | 30 | | ОВ и ГВС от котельной |
| 40 | 40 | 720 | |
| 41 | 20 | 360 | |

Исходные данные для расчета потребления природного газа котельными. Абонент котельная «котельная пгт Майна» по адресу ул. Рабовича. Вырабатываемая тепловая мощность 13,0 Гкал/ч и 47500 Гкал/г.

1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа

Для расчета потребления газа необходимо знать низшую теплоту сгорания сухого газа, кДж/м³, а для проведения гидравлических расчетов плотность газа, кг/м³, и его кинематическую вязкость, м²/с.

Низшая теплота сгорания газа, кДж/м³, определяется как сумма произведений величин, теплоты сгорания горючих компонентов, на их объемные доли по формуле

$$Q_H^P = \frac{\sum (C_m H_n)_i \cdot Q_{H_i}^P}{100}, \quad (1)$$

где $\sum (C_m H_n)_i$ - содержание i -го компонента метанового ряда в газе, %;

$Q_{H_i}^P$ - низшая теплота сгорания i -го компонента газа, кДж/м³ [16].

Плотность газа, кг/м³, рассчитывается по формуле

$$\rho_{\Gamma} = \frac{\sum \delta_i \cdot \rho_i}{100}, \quad (2)$$

где δ_i - содержание i -го компонента в газе, % по объему;

ρ_i - плотность сгорания i -го компонента газа, кг/м³ [16].

Кинематическая вязкость газа, м²/с, определяется по формуле

$$\nu_{\Gamma} = \frac{\mu_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma}}, \quad (3)$$

где μ_{Γ} - динамическая вязкость газа, Па·с;

ρ_{Γ} - плотность газовой смеси, кг/м³, рассчитывается по формуле (2).

Динамическая вязкость газа, Па·с, определяется по формуле

$$\mu_{\Gamma} = \frac{\sum \delta_i \cdot \mu_i}{100}, \quad (4)$$

где δ_i - содержание i -го компонента в газе, % по объему;

μ_i - динамическая вязкость i -го компонента в газе при н.у, Па·с [16].

Газифицировать поселок Майна предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 95,2 %, этан – 2,3 %; пропан – 0,7 %, бутан – 0,1 %, пентан – 0,1 %, углекислый газ – 0,3 %, азот + редкие газы – 1,3 %.

Расчет низшей теплоты сгорания природного газа производится по формуле (1), низшая теплота сгорания природного газа составляет

$$Q_H^P = \frac{95,2 \cdot 35840 + 2,3 \cdot 63730 + 0,7 \cdot 93370 + 0,1 \cdot 123770 + 0,1 \cdot 146340}{100} =$$
$$= 36510 \text{ кДж/м}^3.$$

Расчет плотности природного газа производится по формуле (2), плотность природного газа составляет

$$\rho_{\Gamma} = \frac{95,2 \cdot 0,7168 + 2,3 \cdot 1,3566 + 0,7 \cdot 2,019 + 0,1 \cdot 2,703 + 0,1 \cdot 3,221}{100} +$$
$$+ \frac{1,3 \cdot 1,2505 + 0,3 \cdot 1,9768}{100} = 0,756 \text{ кг/м}^3.$$

Расчет динамической вязкости природного газа производится по формуле (4), динамическая вязкость природного газа составляет

$$\mu_{\Gamma} = \frac{95,2 \cdot 101 \cdot 10^{-7} + 2,3 \cdot 86 \cdot 10^{-7} + 0,7 \cdot 75 \cdot 10^{-7}}{100} +$$
$$+ \frac{0,1 \cdot 68 \cdot 10^{-7} + 0,1 \cdot 2830 \cdot 10^{-7} + 1,3 \cdot 165 \cdot 10^{-7} + 0,3 \cdot 137 \cdot 10^{-7}}{100} =$$

= 0,0000104 Па · с.

Кинематическая вязкость природного газа определяется по формуле (3) и составляет

$$\nu_{\Gamma} = 0,0000104/0,756 = 0,0000138 \text{ м}^2/\text{с}.$$

1.3 Расчет потребления природного газа населением

Число потребителей газа по микрорайонам выявляют из анализа их населенности, этажности застройки и ее основных характеристик, числа и характеристики предприятий и учреждения городского хозяйства, наличии централизованного горячего водоснабжения, характеристики отопительных систем, топливного и теплового баланса города.

При расчете потребления газа в квартирах и частных домах на коммунально-бытовые нужды норма расхода теплоты отнесена к одному человеку в год. Годовой расход газа, млн м³/год, потребляемого жилыми зданиями, определяется по формуле

$$Q_{\text{ГОД}}^K = \frac{q_1^K \cdot n_1^K + q_2^K \cdot n_2^K + q_3^K \cdot n_3^K}{Q_H^P} \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

где q_1^K и n_1^K - соответственно норма расхода теплоты на приготовление пищи при наличии в квартире централизованного горячего водоснабжения, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

q_2^K и n_2^K - норма расхода теплоты на приготовление пищи и горячей воды при наличии в квартире газового водонагревателя, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

q_3^K и n_3^K - норма расхода теплоты на приготовление пищи и горячей воды при отсутствии в квартире газового водонагревателя, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

Q_H^P - низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³.

Годовой расход газа, млн. м³/год, на отопление и вентиляцию жилых застроек вычисляется по формуле

$$Q_{\text{о.в.}} = \left[24(1 + K) \cdot \frac{t_{BH} - t_{CP.O}}{t_{BH} - t_{P.O}} + Z \cdot K_1 \cdot K \cdot \frac{t_{BH} - t_{CP.O}}{t_{BH} - t_{P.B}} \right]. \quad (6)$$

$$\cdot \frac{g \cdot F \cdot n_o}{\eta_0 \cdot Q_H^P} \cdot 10^{-6}, \text{ тыс. м}^3/\text{ГОД}$$

где $t_{ВН}$, $t_{P.O.}$, $t_{P.B.}$, $t_{CP.O}$ – температура соответственно внутреннего воздуха отапливаемых зданий, расчетная наружная для проектирования отопления, расчетная наружная для проектирования вентиляции, средняя наружного воздуха за отопительный сезон, принимается по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», °С;

K - коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий, при отсутствии данных следует принимать равным 0,25;

K_1 - коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию жилых и общественных зданий, при отсутствии данных следует принимать 0,6;

Z - среднее за отопительный период число часов работы системы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных принимается 16 часов);

g - укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, кДж/ч на 1 м² жилой площади [16]

F - площадь рассматриваемых зданий, м²;

n_o - продолжительность отопительного периода (со среднесуточной температурой воздуха 8 °С и менее), принимается по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», сут;

η_0 - КПД отопительных установок в долях единиц, при отсутствии данных для местных котельных принимается 0,8÷0,85, для районных котельных с учетом потерь в тепловых сетях – 0,8;

Q_H^P - низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³.

Часовой расход газа, м³/ч, в жилых домах и на коммунально-бытовые нужды рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ч}}^j = \frac{Q_{\text{год}}^j \cdot 10^6}{m^j}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{год}}^j$ - годовой расход газа, млн м³/год;

m^j - число часов использования максимума, ч/год.

Для жилых домов число часов максимума зависит от числа жителей, снабжаемых газом от сети [16].

Часовой расход газа, м³/ч, на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий рассчитывается по формуле

$$Q_{ч(о.в.)} = \frac{Q_{о.в.} \cdot 10^6}{m_{о.в.}}, \quad (8)$$

где $Q_{о.в.}$ - годовой расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий, млн м³/год;

$m_{о.в.}$ - число часов использования максимума на отопление, вентиляцию жилых и общественных зданий, ч/год.

Число часов использования максимума, ч/год, на отопление, вентиляцию жилых и общественных зданий вычисляются по формуле

$$m_{о.в.} = n_o \cdot \left[24(1 + K) \cdot \frac{t_{ВН} - t_{СР.О}}{t_{ВН} - t_{Р.О}} + Z \cdot K_1 \cdot K \cdot \frac{t_{ВН} - t_{СР.О}}{t_{ВН} - t_{Р.В}} \right] \quad (9)$$

где $n_o, t_{ВН}, t_{СР.О}, t_{Р.О}, t_{Р.В}, K, K_1, Z$ - то же, что и в формуле (6).

Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды проведен по формуле (5) и сведен в таблицу 2. Низшая теплота сгорания составляет $Q_H^P=36510$ кДж/м³ (расчет раздел 1.2). Норма расхода газа на данный вид коммунальных услуг, кДж [16]

Таблица 2 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

| Номер квартала | Количество потребителей | Назначение расходуемого газа | Норма расхода газа на одного потребителя | | Расход газа, тыс.м ³ /год |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| | | | МДж | м ³ | |
| 1 | 40 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 10,956 |
| 2 | 100 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 27,390 |
| 3 | 60 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 16,434 |
| 4 | 45 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 12,325 |
| 5 | 90 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 24,651 |
| 6 | 105 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 28,759 |
| 7 | 80 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 21,912 |

Продолжение таблицы 2 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

| Номер квартала | Количество потребителей | Назначение расходуемого газа | Норма расхода газа на одного потребителя | | Расход газа, тыс.м ³ /год |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| | | | МДж | м ³ | |
| 8 | 60 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 16,434 |
| 9 | 90 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 24,651 |
| 10 | 90 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 24,651 |
| 11 | 30 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 8,217 |
| 12 | 110 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 30,129 |
| 13 | 80 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 21,912 |
| 14 | 100 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 17,694 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |
| 15 | 100 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 27,390 |
| 16 | 110 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 30,129 |
| 17 | 100 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 27,390 |
| 18 | 190 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 21,337 |
| 19 | 80 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 13,832 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |
| 20 | 160 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 17,968 |
| 21 | 130 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 35,607 |
| 22 | 160 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 43,824 |
| 23 | 320 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 35,935 |
| 24 | 550 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 94,084 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |
| 25 | 110 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 12,353 |
| 26 | 220 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 24,706 |
| 27 | 350 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 95,864 |
| 28 | 120 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 19,940 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |
| 29 | 100 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 20,926 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |

Окончание таблицы 2 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

| Номер квартала | Количество потребителей | Назначение расходуемого газа | Норма расхода газа на одного потребителя | | Расход газа, тыс.м ³ /год |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| | | | МДж | м ³ | |
| 30 | 30 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 8,217 |
| 31 | 120 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 32,868 |
| 32 | 70 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 13,516 |
| | | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | |
| 33 | 60 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 16,434 |
| 34 | 60 | Приготовление пищи | | 112,3 | 6,738 |
| 35 | 150 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 41,085 |
| 36 | 90 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 24,651 |
| 37 | 70 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 19,173 |
| 38 | 80 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 21,912 |
| 39 | 30 | Приготовление пищи | 4100 | 112,3 | 3,369 |
| 40 | 40 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 10,956 |
| 41 | 20 | Приготовление пищи и горячей воды | 10000 | 273,9 | 5,478 |
| Итого | | | | | 1011,797 |

Из таблицы 2 видно, что годовой расход газа на коммунально-бытовые нужды составляет 1011,797 тыс. м³/год.

Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды проведен по формуле (7) и сведен в таблицу 3. Годовой расход газа из таблицы 2.

Число часов использования максимума, ч/год [16].

Таблица 3 – Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

| Номер квартала | Годовой расход газа, тыс м ³ /год | Число часов максимума | Часовой расход газа, м ³ /ч |
|----------------|--|-----------------------|--|
| 1 | 10,956 | 1800 | 6,1 |
| 2 | 27,390 | 1800 | 15,2 |
| 3 | 16,434 | 1800 | 9,1 |
| 4 | 12,325 | 1800 | 6,8 |
| 5 | 24,651 | 1800 | 13,7 |
| 6 | 28,759 | 1800 | 16,0 |

Окончание таблицы 3 – Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

| Номер квартала | Годовой расход газа, тыс м ³ /год | Число часов максимума | Часовой расход газа, м ³ /ч |
|----------------|--|-----------------------|--|
| 7 | 21,912 | 1800 | 12,2 |
| 8 | 16,434 | 1800 | 9,1 |
| 9 | 24,651 | 1800 | 13,7 |
| 10 | 24,651 | 1800 | 13,7 |
| 11 | 8,217 | 1800 | 4,6 |
| 12 | 30,129 | 1800 | 16,7 |
| 13 | 21,912 | 1800 | 12,2 |
| 14 | 17,694 | 1800 | 9,8 |
| 15 | 27,390 | 1800 | 15,2 |
| 16 | 30,129 | 1800 | 16,7 |
| 17 | 27,390 | 1800 | 15,2 |
| 18 | 21,337 | 1800 | 11,9 |
| 19 | 13,832 | 1800 | 7,7 |
| 20 | 17,968 | 1800 | 10,0 |
| 21 | 35,607 | 1800 | 19,8 |
| 22 | 43,824 | 1800 | 24,3 |
| 23 | 35,935 | 1800 | 20,0 |
| 24 | 94,084 | 1800 | 52,3 |
| 25 | 12,353 | 1800 | 6,9 |
| 26 | 24,706 | 1800 | 13,7 |
| 27 | 95,864 | 1800 | 53,3 |
| 28 | 19,940 | 1800 | 11,1 |
| 29 | 20,926 | 1800 | 11,6 |
| 30 | 8,217 | 1800 | 4,6 |
| 31 | 32,868 | 1800 | 18,3 |
| 32 | 13,516 | 1800 | 7,5 |
| 33 | 16,434 | 1800 | 9,1 |
| 34 | 6,738 | 1800 | 3,7 |
| 35 | 41,085 | 1800 | 22,8 |
| 36 | 24,651 | 1800 | 13,7 |
| 37 | 19,173 | 1800 | 10,7 |
| 38 | 21,912 | 1800 | 12,2 |
| 39 | 3,369 | 1800 | 1,9 |
| 40 | 10,956 | 1800 | 6,1 |
| 41 | 5,478 | 1800 | 3,0 |
| Итого | | | 562,2 |

Часовой расход газа на коммунально-бытовые нужды в поселке по результатам расчета из таблицы 3 равен 562,2 м³/ч.

Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции проведен по формуле (6) и сведен в таблицу 4.

Исходные данные для расчета:

- раздел 1.1
- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $t_{BH}=22^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования отопления, $t_{P.O} = -37^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования вентиляции, $t_{P.B.} = -37^{\circ}\text{C}$ [12];
- средняя наружного воздуха за отопительный период, $t_{CP.O} = -7,9^{\circ}\text{C}$ [12];
- продолжительность отопительного периода, $n_o = 224$ дня [12].
- укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, $g = 657$ кДж/ч на 1 м^2 жилой площади [16].

Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции проведен по формуле (8) и сведен в таблицу 5. Годовой расход газа из таблицы 4.

Число часов использования максимума на отопление и вентиляцию определяется по формуле (9) и составляет

$$m_{o.в.} = 224 \cdot \left[24 \cdot (1 + 0,25) \cdot \frac{22 - (-7,9)}{22 - (-37)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{22 - (-7,9)}{22 - (-37)} \right] =$$

$$= 3678 \text{ ч/год}$$

Таблица 4 – Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции

| Номер квартала | Жилая площадь отапливаемых помещений частного сектора, м^2 | Расход газа, тыс.м3/год |
|----------------|---|-------------------------|
| 1 | 720 | 59,567 |
| 2 | 1800 | 148,918 |
| 3 | 1080 | 89,351 |
| 4 | 810 | 67,013 |
| 5 | 1620 | 134,026 |
| 6 | 1890 | 156,364 |
| 7 | 1440 | 119,135 |
| 8 | 1080 | 89,351 |
| 9 | 1620 | 134,026 |
| 10 | 1620 | 134,026 |
| 11 | 540 | 44,675 |
| 12 | 1980 | 163,810 |
| 13 | 1440 | 119,135 |
| 14 | 720 | 59,567 |
| 15 | 1800 | 148,918 |

Окончание таблицы 4 – Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции

| Номер квартала | Жилая площадь отапливаемых помещений частного сектора, м ² | Расход газа, тыс.м ³ /год |
|----------------|---|--------------------------------------|
| 16 | 1980 | 163,810 |
| 17 | 1800 | 148,918 |
| 19 | 540 | 44,675 |
| 21 | 2340 | 193,594 |
| 22 | 2880 | 238,269 |
| 24 | 3600 | 297,836 |
| 27 | 6300 | 521,214 |
| 28 | 720 | 59,567 |
| 29 | 1080 | 89,351 |
| 30 | 540 | 44,675 |
| 31 | 2160 | 178,702 |
| 32 | 630 | 52,121 |
| 33 | 1080 | 89,351 |
| 35 | 2700 | 223,377 |
| 36 | 1620 | 134,026 |
| 37 | 1260 | 104,243 |
| 38 | 1440 | 119,135 |
| 40 | 720 | 59,567 |
| 41 | 360 | 29,784 |
| Итого | | 4460,097 |

Таблица 5 – Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции жилого сектора

| Номер квартала | Годовой расход газа, тыс м ³ /год | Число часов максимума | Часовой расход газа, м ³ /ч |
|----------------|---|--------------------------|---|
| 1 | 59,567 | 3678 | 16,2 |
| 2 | 148,918 | 3678 | 40,5 |
| 3 | 89,351 | 3678 | 24,3 |
| 4 | 67,013 | 3678 | 18,2 |
| 5 | 134,026 | 3678 | 36,4 |
| 6 | 156,364 | 3678 | 42,5 |
| 7 | 119,135 | 3678 | 32,4 |
| 8 | 89,351 | 3678 | 24,3 |
| 9 | 134,026 | 3678 | 36,4 |
| 10 | 134,026 | 3678 | 36,4 |
| 11 | 44,675 | 3678 | 12,1 |
| 12 | 163,810 | 3678 | 44,5 |
| 13 | 119,135 | 3678 | 32,4 |

Окончание таблицы 5 – Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции жилого сектора

| Номер квартала | Годовой расход газа, тыс м ³ /год | Число часов максимума | Часовой расход газа, м ³ /ч |
|----------------|--|-----------------------|--|
| 14 | 59,567 | 3678 | 16,2 |
| 15 | 148,918 | 3678 | 40,5 |
| 16 | 163,810 | 3678 | 44,5 |
| 17 | 148,918 | 3678 | 40,5 |
| 19 | 44,675 | 3678 | 12,1 |
| 21 | 193,594 | 3678 | 52,6 |
| 22 | 238,269 | 3678 | 64,8 |
| 24 | 297,836 | 3678 | 81,0 |
| 27 | 521,214 | 3678 | 141,7 |
| 28 | 59,567 | 3678 | 16,2 |
| 29 | 89,351 | 3678 | 24,3 |
| 30 | 44,675 | 3678 | 12,1 |
| 31 | 178,702 | 3678 | 48,6 |
| 32 | 52,121 | 3678 | 14,2 |
| 33 | 89,351 | 3678 | 24,3 |
| 35 | 223,377 | 3678 | 60,7 |
| 36 | 134,026 | 3678 | 36,4 |
| Итого | | | 1212,3 |

Из таблиц 4 и 5 видно, что расходы газа на нужды отопления и вентиляции составляют 4460,097 тыс.м³/год и 1212,3 м³/ч.

Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселка сведен в таблицу 6. Исходные данные: таблицы 2 и 4.

Таблица 6 – Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселке

| Номер квартала | Расход газа, тыс.м ³ /год | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------|--------|
| | на коммунально-бытовые нужды | на отопление и вентиляцию | всего |
| 1 | 10,96 | 59,57 | 70,52 |
| 2 | 27,39 | 148,92 | 176,31 |
| 3 | 16,43 | 89,35 | 105,79 |
| 4 | 12,33 | 67,01 | 79,34 |
| 5 | 24,65 | 134,03 | 158,68 |
| 6 | 28,76 | 156,36 | 185,12 |
| 7 | 21,91 | 119,14 | 141,05 |
| 8 | 16,43 | 89,35 | 105,79 |
| 9 | 24,65 | 134,03 | 158,68 |
| 10 | 24,65 | 134,03 | 158,68 |

Окончание таблицы 6 – Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселке

| Номер квартала | Расход газа, тыс.м ³ /год | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------|---------|
| | на коммунально-бытовые нужды | на отопление и вентиляцию | всего |
| 11 | 8,22 | 44,68 | 52,89 |
| 12 | 30,13 | 163,81 | 193,94 |
| 13 | 21,91 | 119,14 | 141,05 |
| 14 | 17,69 | 59,57 | 77,26 |
| 15 | 27,39 | 148,92 | 176,31 |
| 16 | 30,13 | 163,81 | 193,94 |
| 17 | 27,39 | 148,92 | 176,31 |
| 18 | 21,34 | 0,00 | 21,34 |
| 19 | 13,83 | 44,68 | 58,51 |
| 20 | 17,97 | 0,00 | 17,97 |
| 21 | 35,61 | 193,59 | 229,20 |
| 22 | 43,82 | 238,27 | 282,09 |
| 23 | 35,94 | 0,00 | 35,94 |
| 24 | 94,08 | 297,84 | 391,92 |
| 25 | 12,35 | 0,00 | 12,35 |
| 26 | 24,71 | 0,00 | 24,71 |
| 27 | 95,86 | 521,21 | 617,08 |
| 28 | 19,94 | 59,57 | 79,51 |
| 29 | 20,93 | 89,35 | 110,28 |
| 30 | 8,22 | 44,68 | 52,89 |
| 31 | 32,87 | 178,70 | 211,57 |
| 32 | 13,52 | 52,12 | 65,64 |
| 33 | 16,43 | 89,35 | 105,79 |
| 34 | 6,74 | 0,00 | 6,74 |
| 35 | 41,09 | 223,38 | 264,46 |
| 36 | 24,65 | 134,03 | 158,68 |
| 37 | 19,17 | 104,24 | 123,42 |
| 38 | 21,91 | 119,14 | 141,05 |
| 39 | 3,37 | 0,00 | 3,37 |
| 40 | 10,96 | 59,57 | 70,52 |
| 41 | 5,48 | 29,78 | 35,26 |
| Итого | | | 5471,89 |

Годовой расход природного газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселка составляет 5471,89 тыс.м³/год.

Расчет часового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселка сведен в таблицу 7. Исходные данные: таблицы 3 и 5.

Таблица 7 – Расчет часового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселка

| Номер квартала | Расход газа, м ³ /ч | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------|
| | на коммунально-бытовые нужды | на отопление и вентиляцию | всего |
| 1 | 6,1 | 16,2 | 22,3 |
| 2 | 15,2 | 40,5 | 55,7 |
| 3 | 9,1 | 24,3 | 33,4 |
| 4 | 6,8 | 18,2 | 25,0 |
| 5 | 13,7 | 36,4 | 50,1 |
| 6 | 16,0 | 42,5 | 58,5 |
| 7 | 12,2 | 32,4 | 44,6 |
| 8 | 9,1 | 24,3 | 33,4 |
| 9 | 13,7 | 36,4 | 50,1 |
| 10 | 13,7 | 36,4 | 50,1 |
| 11 | 4,6 | 12,1 | 16,7 |
| 12 | 16,7 | 44,5 | 61,2 |
| 13 | 12,2 | 32,4 | 44,6 |
| 14 | 9,8 | 16,2 | 26,0 |
| 15 | 15,2 | 40,5 | 55,7 |
| 16 | 16,7 | 44,5 | 61,2 |
| 17 | 15,2 | 40,5 | 55,7 |
| 18 | 11,9 | 0,0 | 11,9 |
| 19 | 7,7 | 12,1 | 19,8 |
| 20 | 10,0 | - | 10,0 |
| 21 | 19,8 | 52,6 | 72,4 |
| 22 | 24,3 | 64,8 | 89,1 |
| 23 | 20,0 | - | 20,0 |
| 24 | 52,3 | 81,0 | 133,3 |
| 25 | 6,9 | - | 6,9 |
| 26 | 13,7 | - | 13,7 |
| 27 | 53,3 | 141,7 | 195,0 |
| 28 | 11,1 | 16,2 | 27,3 |
| 29 | 11,6 | 24,3 | 35,9 |
| 30 | 4,6 | 12,1 | 16,7 |
| 31 | 18,3 | 48,6 | 66,9 |
| 32 | 7,5 | 14,2 | 21,7 |
| 33 | 9,1 | 24,3 | 33,4 |
| 34 | 3,7 | - | 3,7 |
| 35 | 22,8 | 60,7 | 83,5 |
| 36 | 13,7 | 36,4 | 50,1 |
| 37 | 10,7 | 28,3 | 39,0 |
| 38 | 12,2 | 32,4 | 44,6 |
| 39 | 1,9 | - | 1,9 |
| 40 | 6,1 | 16,2 | 22,3 |
| 41 | 3,0 | 8,1 | 11,1 |
| Итого | | | 1774,5 |

Часовой расход природного газа потребителями, расположенными в жилой зоне поселка, составляет 1774,5 м³/ч.

1.4 Расчет потребления газа котельной поселка

Тепловая энергия, идущая на нужды населения, вырабатывается в котлах малой мощности, установленных в котельной, расположенной в поселке. Исходные данные к расчету приведены в разделе 1.1– 1.2.

Годовой расхода газа в целом по котельной, млн. м³/год, определяется по формуле

$$Q_{ГОД} = \frac{4,187 \cdot D}{Q_H^P \cdot (\eta/100)} \cdot 10^3, \text{ тыс. м}^3/\text{год}, \quad (10)$$

где D – нагрузка котельной в течение года, Гкал/год;

Q_H^P – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³, [раздел 1.2].

η – коэффициент полезного действия котла при работе на газе, %.

Требуемый часовой расход газа на котел, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{Ч} = \frac{4187 \cdot D^Ч}{Q_H^P \cdot (\eta/100)} \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (11)$$

где $D^Ч$ – нагрузка котельной, Гкал/час;

Q_H^P – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³, [раздел 1.2].

η – коэффициент полезного действия котла при работе на газе, %.

Расчет годового расхода газа в целом по котельной, тыс. м³/год, определяется по формуле (10) и составляет

$$Q_{ГОД} = \frac{4,187 \cdot 47500}{36510 \cdot (90/100)} \cdot 10^3 = 6052,6 \text{ тыс. м}^3/\text{год}.$$

Требуемый часовой расход газа на котельную, м³/ч, определяется по формуле (11) и составляет

$$Q_{Ч} = \frac{4187 \cdot 13}{36510 \cdot (90/100)} \cdot 10^3 = 1656,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для газоснабжения котельной поселка требуется 6052,604 тыс.м³/год газа, максимальный часовой расход газа составит 1656,5 м³/ч.

1.5 Определение суммарного расхода газа для газоснабжения населенного пункта

На основании расчетов в разделах 1.2 – 1.5 данные о расходах газа по видам потребления приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расход газа по видам потребления

| Наименование абонента | Часовой расход газа, м ³ /ч | Расход газа тыс. м ³ /год |
|-----------------------|--|--------------------------------------|
| КПБ население | 562,2 | 1011,8 |
| ОВ население | 1212,3 | 4460,1 |
| Население | 1774,5 | 5471,89 |
| Котельная №1 | 1656,5 | 6052,6 |
| Всего | 3431,0 | 11524,5 |

1.6 Принципиальная схема газоснабжения населенного пункта

В выпускной работе предлагается двухступенчатая система газоснабжения. Система состоит из тупиковой сети среднего давления, запитанной от ГРС, которая предполагается к размещению на юго-западе от поселка. В поселке запроектирована одна комбинированная сеть низкого давления. Сеть низкого давления состоит из 12 колец тупиковых ответвлений, присоединяется к сети среднего давления при помощи 3 сетевых ГРП. Котельная запитывается от сети среднего.

1.7 Выбор оптимального количества сетевых ГРП

Для подвода газа в поселке, проектом предусмотрен тупиковый распределительный подземный газопровод среднего давления, к которому производится присоединение трех сетевых газорегуляторных пунктов. Количество ГРП определено из условия оптимального расстояния действия газорегуляторного пункта, снижающего давление со среднего до низкого.

1.8 Трассировка газовых сетей в поселке

На территории поселка газопроводы среднего давления и низкого прокладываются под землей.

Выбор трассы газопроводов производится с учетом плотности застройки и экономической эффективности.

Вводы газопроводов в жилые дома предусматриваются в нежилые помещения, доступные для осмотра и ремонта газовых систем. Целесообразно вводы газопроводов в общественные и жилые здания осуществлять непосредственно в помещения, где установлены газовые приборы. Вводы не должны проходить через фундаменты и под фундаментами зданий.

Соединение стальных труб выполняется на сварке. Резьбовые и фланцевые соединения предусматриваются в местах установки запорной арматуры, горелок, контрольно-измерительных приборов, автоматики и др.

Минимальные расстояния по горизонтали и вертикали между газопроводами и зданиями, принимаются в соответствии с действующими нормативными документами. Глубина прокладки газопроводов принимается не менее 0,8 м до верха газопровода или футляра, допускается уменьшение до 0,6 м в местах, где нет проезда транспорта.

В котельной проектом предлагается для снижения давления газа перед газогорелочными устройствами установить газорегуляторную установку.

1.9 Гидравлический расчет распределительной сети низкого давления

Гидравлический расчет, как смешанных газовых сетей низкого давления, так и тупиковых состоит из нескольких последовательных этапов.

На первом этапе, согласно принятой принципиальной схеме, производят трассировку распределительной сети, в результате чего выявляют контуры газопроводов в закольцованной части. Так же выявляют сектора, обслуживаемые тупиковыми участками комбинированной газовой сети или сектора, если сеть является тупиковой.

На втором этапе газовую сеть разбивают на участки, к которым будет присоединено большое число различных потребителей. Это могут быть отдельные стояки жилых зданий, отдельные жилые здания, коммунальные, общественные и прочие потребители. Кроме того, к ним присоединяют ответвления, которые подают газ группам зданий. Отличительная особенность

этих потребителей состоит в том, что заранее не известны места их присоединения к газопроводу.

На третьем этапе определяются длины участков и предварительные расчетные расходы газа на участках, для закольцованной части газовой указывается направление движения газа.

На четвертом этапе определяются диаметры газопроводов закольцованной части газовой сети.

На пятом этапе проводится гидравлический расчет закольцованной части газовой сети, увязываются кольца, определяется давление в узловых точках, для выполнения данного этапа мною разработана компьютерная (математическая) модель работы газовой сети.

На шестом этапе проводится гидравлический расчет тупиковых ответвлений и проверяется полнота использования перепада давления.

Гидравлический расчет закольцованной части газовой сети является наиболее трудоемким этапом выполнения поставленной задачи. Его рекомендуется выполнять с использованием современных вычислительных средств, позволяющих решить поставленную задачу с использованием математического (компьютерного) моделирования.

$$\Delta p = \Delta p_{TP} + \Delta p_{M.C.}, \text{ Па}, \quad (14)$$

где Δp_{TP} - потери давления на трение, Па;

$\Delta p_{M.C.}$ - потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Средняя скорость движения газа в газопроводе определяются по формуле

$$w = V/F, \text{ м/с}, \quad (15)$$

где w - средняя скорость движения газа, м/с,

V - объемный расход газа, м³/ч;

F - площадь поперечного сечения участка газопровода, м².

В зависимости от скорости потока, диаметра трубы и вязкости газа течение его может быть ламинарным, т. е. упорядоченным в виде движущихся один относительно другого слоев, и турбулентным, когда в потоке газа

возникают завихрения и слои перемешиваются между собой. Режим движения газа характеризуется величиной критерия Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{w \cdot D}{\nu}, \quad (16)$$

где w - скорость потока газа, м/с;

D - внутренний диаметр газопровода, м;

ν - кинематическая вязкость газа, м²/с.

При $\text{Re} < 2000$ в газопроводах газ движется в режиме ламинарного течения, а при $\text{Re} > 4000$ в режиме турбулентного течения. При $2000 > \text{Re} > 4000$ в газопроводе возникает так называемая критическая область движения газа (переходная от ламинарного течения в турбулентное).

Для сетей низкого давления потери давления на преодоление сил трения описываются формулой

$$p_H - p_K = 626,1 \cdot \lambda \frac{V^2}{d^5} \rho l, \text{ Па}, \quad (17)$$

где p_H - давление в начале газопровода, Па;

p_K - давление в конце газопровода, Па;

λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения;

V - объемный расход газа, м³/ч;

d - внутренний диаметр газопровода, см;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

l - длина газопровода, м.

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа по газопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса. Учитывая, что при определении потерь давления на преодоление сил трения по формуле (17), используются объемный расход газа, выраженный в м³/ч, и внутренний диаметр газопровода, выраженный в см, подставляя эти значения в формулу (16), получаем формулу критерия Рейнольдса для этих расчетных величин

$$Re = 0,0354 \frac{V}{dv}, \quad (18)$$

где V - объемный расход газа, м³/ч;

d - внутренний диаметр газопровода, см;

ν - кинематическая вязкость газа, м²/с.

Турбулентное движение газа в газопроводе может происходить в так называемой зоне гидравлически гладких труб, и в зоне, когда на гидравлическое сопротивление влияет шероховатость стенки. Критерием гидравлической гладкости внутренней стенки газопровода является значение, определяемое по формуле:

$$Re \left(\frac{k}{d} \right) < 23, \quad (19)$$

где Re – число Рейнольдса;

k - эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, см;

d - внутренний диаметр газопровода, см.

Эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки газопровода, принимаемая равной: для новых стальных труб 0,01 см, для стальных бывших в эксплуатации - 0,1 см, для полиэтиленовых независимо от времени эксплуатации - 0,0007 см.

При расчете газопроводов безразмерный коэффициент гидравлического трения λ определяется:

- для ламинарного режима движения газа ($Re < 2000$) по формуле Стокса

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (20)$$

- для переходного (критического) режима движения газа ($2000 > Re > 4000$) по формуле Зайченко

$$\lambda = 0,0025 \cdot \sqrt[3]{Re}, \quad (21)$$

- для турбулентного режима движения газа ($Re > 4000$) безразмерный коэффициент гидравлического трения для гидравлически гладкой стенки при

$Re(k/d) < 23$, определяется при $4000 < Re < 100000$ по формуле Блазиуса (22) и при $Re > 100000$ формуле Альтшуля (23)

$$\lambda = \frac{0,3165}{Re^{0,25}}, \quad (22)$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \lg Re - 1,64)^2}, \quad (23)$$

- для турбулентного режима движения газа ($Re > 4000$) для гидравлически шероховатой стенки при $Re(k/d) > 23$ по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad (24)$$

Основной целью гидравлического расчета закольцованной части газовой сети является определение давления газа в узловых точках, которое должно быть больше разности начального давления газа после ГРП и допустимых потерь давления характерных для газовой сети. Для того чтобы определить давление газа в узловых точках необходимо провести увязку колец газовой сети. Для кольцевых газовых сетей приемлемо при увязке колец использовать уравнение, аналогичное второму закону Кирхгофа для электрических сетей: где алгебраическая сумма всех перепадов давлений в замкнутом контуре равна нулю при условии, если в этом контуре нет посторонних нагнетателей, т.е. $\sum \Delta P_{\text{ПО КОЛЬЦУ}} = 0$.

Для того чтобы определить, увязаны ли все кольца газовой сети с допустимой погрешностью не влияющей на давление газа в узловых точках, для каждого кольца определяется относительная ошибка по формуле

$$\Delta = \frac{\sum \Delta P}{0,5 / \sum \Delta P} 100\%, \quad (25)$$

где Δ - относительная ошибка, %;

$\sum \Delta P$ - суммарные потери давления всех участков кольца, Па;

$/ \sum \Delta P /$ - суммарные потери давления всех участков кольца по модулю, Па.

Потери давления на участке газовой сети складываются из потерь давления на преодоление сил трения и потерь давления в местных сопротивлениях. Для сетей низкого давления потери давления на преодоление

сил трения описываются формулой (17), потери давления в местных сопротивлениях в распределительных газопроводах большой протяженности принимают равными 10 % от последних независимо от материала труб.

Таким образом, общие потери давления на отдельно взятом участке газовой сети можно охарактеризовать формулой

$$\Delta P = 1,1 \cdot 626,1 \cdot \lambda \frac{Q_P^2}{d^5} \rho l, \text{ Па}, \quad (26)$$

где ΔP - потери давления на рассматриваемом участке, Па;

Q_P - расчетный расход газа на участке, м³/ч;

λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения, определяется по одной из формул (20-24) в зависимости от режима течения газа и шероховатости внутренней поверхности труб;

d - внутренний диаметр газопровода, см;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

l - длина участка газопровода, м.

Для того чтобы добиться увязки колец газовой сети с относительной ошибкой менее 1% потребуется несколько приближений с учетом откорректированного расхода на каждом участке.

Чтобы определить откорректированного расхода газа на каждом участке, необходимо знать поправочный круговой расход в кольце. Для этого необходимо вычислить величину зависимости потерь давления и расхода на участках - $\Delta P/Q_P$, где ΔP - потери давления на участке, Па; Q_P - расчетный расход газа на участке, м³/ч.

Первый поправочный круговой расход рассчитывается по формуле

$$\Delta Q_{K_i}^1 = - \frac{\sum \Delta P}{1,75 \sum \frac{\Delta P}{Q_P}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (27)$$

где $\Delta Q_{K_i}^1$ - первый поправочный круговой расход в рассматриваемом кольце, м³/ч;

ΔP - потери давления в кольце, Па;

$\Sigma(\Delta P/Q_P)$ - зависимость потерь давления и расхода в кольце.

Поправочные круговые расходы для колец сети определяются с учетом рассчитанного поправочного расхода предыдущих колец. Для первого кольца поправочный круговой расход определяется по формуле

$$\Delta Q_{K_1} = \Delta Q_{K_1}^1 + \frac{\Sigma((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)}{\Sigma(\Delta P/Q_P)_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (28)$$

где ΔQ_K - поправочный круговой расход первого по ходу расчета кольца, м³/ч;

$\Delta Q_{K_1}^1$ - первый поправочный круговой расход первого кольца, м³/ч;

$(\Delta P/Q_P)_n$ - зависимость потерь давления и расхода на участках соседнего кольца, попадающих в контур расчетного кольца;

$\Delta Q_{K_n}^1$ - первый поправочный круговой расход в n -м кольце, м³/ч;

$\Sigma(\Delta P/Q_P)_1$ - зависимость потерь давления и расхода в первом кольце.

При определении величины $\Sigma((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)$ учитываются все участки соседних колец, попадающих в контур расчетного кольца.

Поправочные круговые расходы для последующих колец сети определяются по формуле

$$\Delta Q_{K_i} = \Delta Q_{K_i}^1 + \frac{\Sigma((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n})}{\Sigma(\Delta P/Q)_i} + \frac{\Sigma((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)}{\Sigma(\Delta P/Q)_i}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (29)$$

где ΔQ_{K_i} - поправочные круговые расходы последующих по ходу расчета колец, м³/ч;

$\Delta Q_{K_i}^1$ - первый поправочный круговой расход рассчитываемого кольца, м³/ч;

$(\Delta P/Q_P)_n$ - зависимость потерь давления и расхода на участках соседнего кольца, попадающих в контур расчетного кольца;

ΔQ_{K_n} - поправочный круговой расход в n -м кольце, м³/ч;

$\Delta Q_{K_n}^1$ - первый поправочный круговой расход в n -м кольце, м³/ч, используется в расчетах, если не определен поправочный круговой расход в данном кольце;

$\Sigma(\Delta P/Q_P)_i$ - зависимость потерь давления и расхода в рассчитываемом кольце.

Определив поправочный круговой расход, выполняют дальнейший расчет (первое и последующие приближения), при этом расчетный расход газа с учетом поправочного расхода определяется по формуле

$$Q_P^{\text{II}} = Q_P + Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (30)$$

где Q_P^{II} - расчетный расход газа на участке кольца с учетом поправочного расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_P - расчетный расход газа на участке кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{уч}}$ - поправочный круговой расход на участке кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Поправочный круговой расход на участке кольца определяется по формуле

$$Q_{\text{уч}} = Q_{K_i} - Q_{K_n}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (31)$$

где $Q_{\text{уч}}$ - поправочный круговой расход на участке кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_{K_i} - поправочный круговой расход в рассчитываемом кольце, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_{K_n} - поправочный круговой расход в соседнем кольце, $\text{м}^3/\text{ч}$, для участков, обслуживающих одно кольцо $Q_{K_n} = 0$.

Потери давления на участках газовой сети зависят от протяженности участка его диаметра и расхода газа, а также от физических свойств газа.

Из условий экономичности газовой сети расчетный внутренний диаметр участков газопровода определяется по формуле

$$d_p = \sqrt[n]{\frac{AB\rho Q_P^m}{\Delta P_{\text{уд}}}}, \text{ см}, \quad (32)$$

где d_p - расчетный внутренний диаметр участка, см;

A - коэффициент, зависящий от категории сети, для низкого давления $A=626$;

B, n, m - коэффициенты, зависящие от материала газопровода, для стальных труб $B=0,022, n=5, m=2$, для полиэтиленовых труб $B=0,0446, n=4,75, m=1,75$;

Q_p - расчетный расход газа на участке, м³/ч;

$\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение, Па/м – для сетей низкого давления.

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{ДОП}}{1,1L}, \text{ Па/м}, \quad (33)$$

где $\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение, Па/м;

$\Delta P_{ДОП}$ - допустимые потери давления, Па;

L - расстояние от ГРП до самой удаленной точки, м.

Из условий надежности газовой сети кольца проектируются из газопроводов одного диаметра, осредненный ориентировочный диаметр участков кольца газовой сети определяется по формуле

$$d_K = k \cdot \frac{\sum (d_p \cdot l)_{уч}}{\sum l_{уч}}, \text{ см}, \quad (34)$$

где d_K - расчетный внутренний диаметр рассматриваемого кольца, см;

k - коэффициент, учитывающий увеличение материальной характеристики кольца с постоянным диаметром, в общем случае $k=1,1$;

d_p - расчетный внутренний диаметр участка, см;

l - длина участка, м.

Ориентировочный внутренний диаметр газопровода кольца газовой сети принимается из стандартного ряда внутренних диаметров трубопроводов - ближайший больший.

Газ в сеть низкого давления поступает из сетевых газорегуляторных пунктов, газ после выхода из газорегуляторного пункта начинает постепенно разбираться потребителями и его расход постепенно уменьшается по пути движения. Для определения расхода газа по пути его движения схему распределительной сети низкого давления необходимо разбить на участки и

указать предварительное распределение потоков газа по сети. При этом для узловых точек газовой сети приемлемо использовать уравнение, аналогичное первому закону Кирхгофа для электрических сетей: алгебраическая сумма всех потоков газа, сходящихся в узле включая узловые расходы газа равна нулю. Потокам, подходящим к узлу, присваивается знак плюс, а выходящим – минус, другими словами, сколько газа входит в узловую точку столько и должно из нее выходить. То есть при выборе схемы потокораспределения для тройников (крестовин) распределительной газовой сети входящий или выходящий поток ни на одном участке, примыкающим к тройнику (крестовине), не может быть равен нулю.

В схеме подачи газа не указаны места присоединения отдельных потребителей, поэтому при проведении расчета предполагают равномерное присоединение потребителей по длине участков газовой сети, тем самым предполагая, что газ равномерно расходуется по пути движения. Такую нагрузку называют путевой. Кроме этого, согласно схеме распределения потоков по участкам проходит определенное количество газа, разбираемое на последующих участках газовой сети. Такую нагрузку называют транзитной. Тем самым расход газа, проходящий по участку, включает в себя как путевую, так и транзитную нагрузку, такой расход принято называть расчетным.

Расчетный расход газа на участке определяется по формуле

$$Q_P = Q_T + k \cdot Q_{II}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (35)$$

где Q_P - расчетный расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_T - транзитный расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k - поправочный коэффициент к путевому расходу газа, учитывающий что в начале участка значение путевого расхода газа составляет 100% от Q_{II} , а в конце участка 0% от Q_{II} ;

Q_{II} - путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Транзитный расход газа – это расход газа, проходящий по участку

газопровода, и разбираемый потребителями на последующих участках газовой сети. Путь расход газа – это расход газа, разбираемый потребителями на конкретно взятом участке газовой сети.

Путь расход для каждого участка рассчитывается по формуле

$$Q_{\Pi} = g_{уд}l, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (36)$$

где $g_{уд}$ - удельный путь расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$;

l - длина участка, м.

Удельный путь расход газа на участке равен сумме удельных расходов газа питающих контуров (секторов), которые обслуживает данный участок.

Удельный путь расход газа для питающих контуров (секторов) рассчитывается по формуле

$$g_{уд} = Q_i/l_i, \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}, \quad (37)$$

где Q_i – расход газа в питающем контуре (секторе), $\text{м}^3/\text{ч}$;

l_i – длина рассматриваемого контура (сектора), м.

Для определения транзитного расхода газа необходимо учитывать путь движения газа, согласно схемы предварительного распределения потоков.

Транзитный расход газа рассчитывается по формуле

$$Q_{T_i} = \sum (Q_{T_{i+1}} + Q_{\Pi_{i+1}}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (38)$$

где Q_{T_i} – транзитный расход газа рассматриваемого участка, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{T_{i+1}}$ – транзитный расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\Pi_{i+1}}$ – путь расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При расчете транзитного расхода газа на участке необходима знать транзитный и путь расход газа на следующем участке по ходу движения газа.

Расчет удельного путь расхода газа питающих контуров (секторов) проведен по формуле (37) и сведен в таблицу 9.

Таблица 9 - Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительных сетей

| Номер контура (сектора) | Квартал | | Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч | Длина питающего контура (сектора), м | Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч·м |
|-------------------------|---------|--------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| | номер | расход газа, м ³ /ч | | | |
| Контур №1 | 35 | 83,5 | 133,6 | 1860 | 0,0178 |
| | 36 | 50,1 | | | |
| Контур №2 | 19 | 19,8 | 153,1 | 2260 | 0,0677 |
| | 24 | 133,3 | | | |
| Контур №3 | 7 | 44,6 | 194,9 | 2110 | 0,0924 |
| | 8 | 33,4 | | | |
| | 9 | 50,1 | | | |
| | 10 | 50,1 | | | |
| | 11 | 16,7 | | | |
| Контур №4 | 33 | 33,4 | 72,4 | 1960 | 0,0369 |
| | 37 | 39 | | | |
| Контур №5 | 28 | 27,3 | 84,9 | 2060 | 0,0412 |
| | 29 | 35,9 | | | |
| | 32 | 21,7 | | | |
| Контур №6 | 23 | 20 | 215 | 1900 | 0,1132 |
| | 27 | 195 | | | |
| Контур №7 | 22 | 89,1 | 156 | 2680 | 0,0582 |
| | 31 | 66,9 | | | |
| Контур №8 | 14 | 26 | 37,9 | 2120 | 0,0179 |
| | 18 | 11,9 | | | |
| Контур №9 | 13 | 44,6 | 100,3 | 2000 | 0,0502 |
| | 17 | 55,7 | | | |
| Контур №10 | 20 | 10 | 30,6 | 2320 | 0,0132 |
| | 25 | 6,9 | | | |
| | 26 | 13,7 | | | |
| Контур №11 | 15 | 55,7 | 116,9 | 2500 | 0,0468 |
| | 16 | 61,2 | | | |
| Контур №12 | 1 | 22,3 | 245,0 | 2550 | 0,0961 |
| | 2 | 55,7 | | | |
| | 3 | 33,4 | | | |
| | 4 | 25 | | | |
| | 5 | 50,1 | | | |
| | 6 | 58,5 | | | |
| Сектор №1 | 12 | 61,2 | 61,2 | 1390 | 0,0440 |
| Сектор №2 | 21 | 72,4 | 72,4 | 660 | 0,1097 |
| Сектор №3 | 30 | 16,7 | 16,7 | 990 | 0,0169 |
| Сектор №4 | 34 | 3,7 | 3,7 | 640 | 0,0058 |
| Сектор №5 | 39 | 1,9 | 1,9 | 1280 | 0,0015 |

Окончание таблицы 9 - Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительных сетей

| Номер контура (сектора) | Квартал | | Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч | Длина питающего контура (сектора), м | Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч·м |
|-------------------------|---------|--------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| | номер | расход газа, м ³ /ч | | | |
| Сектор №6 | 40 | 22,3 | 33,4 | 2170 | 0,0154 |
| | 41 | 11,1 | | | |
| Сектор №7 | 38 | 44,6 | 44,6 | 1290 | 0,0346 |

Расчет путевого расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (36) и сведен в таблицу 10.

Таблица 10 - Расчет путевого расхода газа

| Номер участка | Длина участка, м | Номер контура (сектора) обслуживаемым участком | Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч·м | Путевой расход газа, м ³ /ч |
|---------------|------------------|--|--|--|
| 1-2 | 160 | Контур №1 | 0,0718 | 11,5 |
| 2-3 | 330 | Контур №1, Контур №4 | 0,0718+0,0369=0,1088 | 35,9 |
| 3-4 | 160 | Контур №1, Контур №5 | 0,0718+0,0412=0,1130 | 18,1 |
| 4-5 | 150 | Контур №1, Контур №5 | 0,0718+0,0412=0,1130 | 17,0 |
| 5-6 | 140 | Контур №1, Контур №7 | 0,0718+0,0582=0,1300 | 18,2 |
| 6-7 | 130 | Контур №1, Контур №7 | 0,0718+0,0582=0,1300 | 16,9 |
| 7-8 | 360 | Сектор №7 | 0,0718 | 38,3 |
| 8-9 | 310 | Контур №1 | 0,0718 | 22,3 |
| 1-9 | 120 | Контур №1 | 0,0718 | 8,6 |
| 10-11 | 330 | Контур №2, Контур №10 | 0,0677+0,0132=0,0809 | 26,7 |
| 11-12 | 270 | Контур №2, Контур №11 | 0,0677+0,0468=0,1145 | 30,9 |
| 12-13 | 360 | Контур №2, Контур №8 | 0,0677+0,0179=0,0856 | 30,8 |
| 13-14 | 170 | Контур №2, Контур №8 | 0,0677+0,0179=0,0856 | 14,6 |
| 14-15 | 350 | Контур №2, Контур №6 | 0,0677+0,1132=0,1809 | 63,3 |
| 15-16 | 210 | Контур №2, Контур №5 | 0,0677+0,0412=0,1090 | 22,9 |
| 16-17 | 190 | Контур №2, Контур №5 | 0,0677+0,0412=0,1030 | 20,7 |
| 10-17 | 380 | Контур №2, Контур №10 | 0,0677+0,0132=0,0809 | 30,8 |
| 18-19 | 190 | Контур №3, Контур №12 | 0,0924+0,0961=0,1884 | 35,8 |
| 19-20 | 130 | Контур №3, Контур №12 | 0,0924+0,0961=0,1884 | 24,5 |
| 20-21 | 180 | Контур №3, Контур №12 | 0,0924+0,0961=0,1884 | 33,9 |
| 21-22 | 350 | Контур №3 | 0,0924 | 32,3 |
| 22-23 | 190 | Контур №3, Контур №9 | 0,0924+0,0502=0,1425 | 27,1 |
| 23-24 | 220 | Контур №3, Контур №8 | 0,0924+0,0179=0,1102 | 24,3 |
| 24-25 | 160 | Контур №3, Контур №11 | 0,0924+0,0468=0,1391 | 22,3 |
| 25-26 | 250 | Контур №3 | 0,0924 | 23,1 |
| 26-27 | 250 | Контур №3 | 0,0924 | 23,1 |

Продолжение таблицы 10 - Расчет путевого расхода газа

| Номер участка | Длина участка, м | Номер контура (сектора) обслуживаемым участком | Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч·м | Путевой расход газа, м ³ /ч |
|---------------|------------------|--|--|--|
| 18-27 | 190 | Контур №3, Контур №12 | 0,0924+0,0961=0,1884 | 35,8 |
| 2-28 | 40 | Контур №4 | 0,0369 | 1,5 |
| 28-29 | 340 | Контур №4, Сектор №5 | 0,0369+0,0015=0,0384 | 13,1 |
| 29-30 | 340 | Контур №4 | 0,0369 | 12,6 |
| 30-31 | 220 | Контур №4, Сектор №4 | 0,0369+0,0058=0,0427 | 9,4 |
| 31-32 | 200 | Контур №4, Сектор №4 | 0,0369+0,0058=0,0427 | 8,5 |
| 32-33 | 280 | Контур №4, Контур №5 | 0,0369+0,0412=0,0782 | 21,9 |
| 3-33 | 210 | Контур №4, Контур №5 | 0,0369+0,0412=0,0782 | 16,4 |
| 32-34 | 100 | Контур №5, Сектор №3 | 0,0412+0,0169=0,0581 | 5,8 |
| 34-35 | 120 | Контур №5, Сектор №3 | 0,0412+0,0169=0,0581 | 7,0 |
| 17-35 | 180 | Контур №5, Контур №10 | 0,0412+0,0132=0,0544 | 9,8 |
| 15-36 | 250 | Контур №5, Контур №6 | 0,0412+0,1132=0,1544 | 38,6 |
| 36-37 | 120 | Контур №5, Контур №6 | 0,0412+0,1132=0,1544 | 18,5 |
| 5-37 | 90 | Контур №5, Контур №7 | 0,0412+0,0582=0,0994 | 8,9 |
| 14-38 | 160 | Контур №6, Контур №8 | 0,1132+0,0179=0,1310 | 21,0 |
| 38-39 | 190 | Контур №6, Контур №7 | 0,1132+0,0582=0,1714 | 32,6 |
| 39-40 | 280 | Контур №6, Контур №7 | 0,1132+0,0582=0,1714 | 48,0 |
| 40-41 | 240 | Контур №6, Контур №7 | 0,1132+0,0582=0,1714 | 41,1 |
| 41-42 | 120 | Контур №6, Контур №7 | 0,1132+0,0582=0,1714 | 20,6 |
| 37-42 | 190 | Контур №6, Контур №7 | 0,1132+0,0582=0,1714 | 32,6 |
| 7-43 | 90 | Контур №7 | 0,0582 | 5,2 |
| 43-44 | 200 | Контур №7 | 0,0582 | 11,6 |
| 44-45 | 260 | Контур №7 | 0,0582 | 15,1 |
| 45-46 | 270 | Контур №7 | 0,0582 | 15,7 |
| 46-47 | 200 | Контур №7 | 0,0582 | 11,6 |
| 38-47 | 280 | Контур №7, Контур №9 | 0,0582+0,0505=0,1084 | 30,3 |
| 38-52 | 170 | Контур №8, Контур №9 | 0,0179+0,0502=0,0680 | 11,6 |
| 52-53 | 180 | Контур №8, Контур №9 | 0,0179+0,0502=0,0680 | 12,2 |
| 53-54 | 160 | Контур №8, Контур №9 | 0,0179+0,0502=0,0680 | 10,9 |
| 23-54 | 210 | Контур №8, Контур №9 | 0,0179+0,0502=0,0680 | 14,3 |
| 24-55 | 210 | Контур №8, Контур №11 | 0,0179+0,0468=0,0646 | 13,6 |
| 55-56 | 160 | Контур №8, Контур №11 | 0,0179+0,0468=0,0646 | 10,3 |
| 12-56 | 120 | Контур №8, Контур №11 | 0,0179+0,0468=0,0646 | 7,8 |
| 47-48 | 160 | Контур №9 | 0,0502 | 8,0 |
| 48-49 | 170 | Контур №9 | 0,0502 | 8,5 |
| 49-50 | 150 | Контур №9 | 0,0502 | 7,5 |
| 50-51 | 220 | Контур №9 | 0,0502 | 11,0 |
| 22-51 | 110 | Контур №9 | 0,0502 | 5,5 |
| 35-57 | 290 | Контур №10, Сектор №3 | 0,0132+0,0169=0,0301 | 8,7 |
| 57-58 | 270 | Контур №10 | 0,0132 | 3,6 |
| 58-59 | 100 | Контур №10, Сектор №2 | 0,0132+0,1097=0,1229 | 12,3 |

Окончание таблицы 10 - Расчет путевого расхода газа

| Номер участка | Длина участка, м | Номер контура (сектора) обслуживаемым участком | Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч·м | Путевой расход газа, м ³ /ч |
|---------------|------------------|--|--|--|
| 59-60 | 170 | Контур №10, Сектор №2 | $0,0132+0,1097=0,1229$ | 20,9 |
| 60-61 | 240 | Контур №10, Сектор №2 | $0,0132+0,1097=0,1229$ | 29,5 |
| 61-62 | 140 | Контур №10, Контур №11 | $0,0132+0,0468=0,0599$ | 8,4 |
| 11-62 | 220 | Контур №10, Контур №11 | $0,0132+0,0468=0,0599$ | 13,2 |
| 61-63 | 150 | Контур №11, Сектор №2 | $0,0468+0,1097=0,1565$ | 23,5 |
| 63-64 | 240 | Контур №11 | 0,0468 | 11,2 |
| 64-65 | 150 | Контур №11 | 0,0468 | 7,0 |
| 65-66 | 230 | Контур №11, Сектор №1 | $0,0468+0,0440=0,0908$ | 20,9 |
| 66-67 | 240 | Контур №11, Сектор №1 | $0,0468+0,0440=0,0908$ | 21,8 |
| 25-67 | 210 | Контур №11 | 0,0468 | 9,8 |
| 21-68 | 340 | Контур №12 | 0,0961 | 32,7 |
| 68-69 | 330 | Контур №12 | 0,0961 | 31,7 |
| 69-70 | 150 | Контур №12 | 0,0961 | 14,4 |
| 70-71 | 230 | Контур №12 | 0,0961 | 22,1 |
| 71-72 | 210 | Контур №12 | 0,0961 | 20,2 |
| 72-73 | 340 | Контур №12 | 0,0961 | 32,7 |
| 27-73 | 260 | Контур №12 | 0,0961 | 25,0 |
| 65-74 | 500 | Сектор №1 | 0,0440 | 22,0 |
| 67-75 | 420 | Сектор №1 | 0,0440 | 18,5 |
| 57-76 | 120 | Сектор №3 | 0,0169 | 2,0 |
| 32-77 | 220 | Сектор №3, Сектор №4 | $0,0169+0,0058=0,0226$ | 5,0 |
| 77-78 | 140 | Сектор №3 | 0,0169 | 2,4 |
| 28-79 | 460 | Сектор №5 | 0,0015 | 0,7 |
| 29-80 | 480 | Сектор №5 | 0,0015 | 0,7 |
| 79-81 | 490 | Сектор №6 | 0,0154 | 7,5 |
| 81-82 | 580 | Сектор №6 | 0,0154 | 8,9 |
| 80-83 | 520 | Сектор №6 | 0,0154 | 8,0 |
| 83-84 | 580 | Сектор №6 | 0,0154 | 8,9 |
| 8-85 | 470 | Сектор №7 | 0,0346 | 16,2 |
| 9-86 | 460 | Сектор №7 | 0,0346 | 15,9 |

При выполнении гидравлического расчета сети низкого давления, если сеть обслуживают несколько ГРП, необходимо учитывать, чтобы давление газа в узловых точках слияния потоков газа, идущих от разных ГРП, было одинаковым. Этого можно добиться, только изменяя нагрузку на ГРП (уменьшая или увеличивая), при этом общий расход газа на сеть должен оставаться постоянным. Для достижения поставленной цели используется

поправочный коэффициент к транзитному расходу газа, для увязки давлений газа в узловых точках.

Количество газа, поступающего в узловую точку, рассчитывается по формуле

$$Q_{T_i} = k_D \cdot \sum (Q_{T_{i+1}} + Q_{П_{i+1}}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (39)$$

где Q_{T_i} - транзитный расход газа рассматриваемого участка, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k_D - поправочный коэффициент к транзитному расходу газа, для увязки давлений газа в узловых точках, определяется путем математического (компьютерного) моделирования работы газовой сети низкого давления.

$Q_{T_{i+1}}$ - транзитный расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{П_{i+1}}$ - путевой расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Согласно схеме распределения потоков газа, приведенной на втором листе графического материала, мною разработана компьютерная математическая модель работы газовой сети. Модель позволяет провести гидравлический расчет газовой сети с увязкой всех колец и определения давления в каждой расчетной точке. На основании этой модели произведен расчет транзитного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления, расчет сведен в таблицу 11.

Таблица 11 - Расчет транзитного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$ | Номер участка для определения транзитного расхода газа | k_D | Транзитный расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$ |
|---------------|--|--|-------|---|
| 1-2 | 11,5 | 2-3, 2-28 | | $35,9+185,3+1,5+84,9=307,6$ |
| 2-3 | 35,9 | 3-4, 3-33 | | $18,1+122,4+16,4+28,5=185,3$ |
| 3-4 | 18,1 | 4-5 | | $17,0+105,4=122,4$ |
| 4-5 | 17,0 | 5-37 | 0,5 | $0,5 \cdot (8,9+201,9) = 105,4$ |
| 5-6 | 18,2 | 5-37 | 0,5 | $0,5 \cdot (8,9+201,9) = 105,4$ |
| 6-7 | 16,9 | 5-6 | | $18,2+105,4=123,6$ |
| 7-8 | 38,3 | 6-7, 7-43 | | $16,9+123,6+5,2+11,5=157,2$ |
| 8-9 | 22,3 | 7-8, 8-85 | | $38,3+157,2+16,2=211,8$ |
| 1-9 | 8,6 | 8-9, 9-86 | | $22,3+211,8+15,9=250,0$ |
| 10-11 | 26,7 | 11-12, 11-62 | | $30,9+145,2+13,2+72,5=261,8$ |
| 11-12 | 30,9 | 12-13, 12-56 | | $30,8+96,3+7,8+10,3=145,2$ |

Продолжение таблицы 11 - Расчет транзитного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, м ³ /ч | Номер участка для определения транзитного расхода газа | k_D | Транзитный расход газа, м ³ /ч |
|---------------|--|--|-------|---|
| 12-13 | 30,8 | 13-14 | | 14,6+81,8=96,3 |
| 13-14 | 14,6 | 14-38 | 0,49 | 0,49·(21,0+145,9) =81,8 |
| 14-15 | 63,3 | 14-38 | 0,51 | 0,51·(21,0+145,9) =85,1 |
| 15-16 | 22,9 | 14-15 | 0,983 | 0,983·(63,3+85,1) =145,9 |
| 16-17 | 20,7 | 15-16 | | 22,9+145,9=168,8 |
| 10-17 | 30,8 | 16-17, 17-35 | | 20,7+168,8+9,8+54,5=253,7 |
| 18-19 | 35,8 | 19-20 | | 24,5+208,8=233,3 |
| 19-20 | 24,5 | 20-21 | | 33,9+174,8=208,8 |
| 20-21 | 33,9 | 21-22, 21-68 | | 32,3+63,7+32,7+46,1=174,8 |
| 21-22 | 32,3 | 22-23, 22-51 | | 27,1+12,6+5,5+18,6=63,7 |
| 22-23 | 27,1 | 23-54 | 0,5 | 0,5·(14,3+10,9) =12,6 |
| 23-24 | 24,3 | 23-54 | 0,5 | 0,5·(14,3+10,9) =12,6 |
| 24-25 | 22,3 | 23-24, 24-55 | | 24,3+12,6+13,6=50,4 |
| 25-26 | 23,1 | 24-25, 25-67 | | 22,3+50,4+9,8+90,3=172,8 |
| 26-27 | 23,1 | 25-26 | | 23,1+172,8=195,9 |
| 18-27 | 35,8 | 26-27, 27-73 | | 23,1+195,9+25,0+74,9=318,9 |
| 2-28 | 1,5 | 28-29, 28-79 | | 13,1+54,7+0,7+16,5=84,9 |
| 28-29 | 13,1 | 29-30, 29-80 | | 12,6+24,5+0,7+16,9=54,7 |
| 29-30 | 12,6 | 30-31 | | 9,4+15,1=24,5 |
| 30-31 | 9,4 | 31-32 | | 8,5+6,6=15,1 |
| 31-32 | 8,5 | 32-34, 32-77 | 0,5 | 0,5·(5,8+5,0+2,4) =6,6 |
| 32-33 | 21,9 | 32-34, 32-77 | 0,5 | 0,5·(5,8+5,0+2,4) =6,6 |
| 3-33 | 16,4 | 32-33 | | 21,9+6,6=28,5 |
| 32-34 | 5,8 | нет | | 0,0 |
| 34-35 | 7,0 | нет | | 0,0 |
| 17-35 | 9,8 | 34-35, 35-57 | | 7,0+8,7+38,8=54,5 |
| 15-36 | 38,6 | 14-15 | 0,017 | 0,017·(63,3+85,1) =2,5 |
| 36-37 | 18,5 | 15-36 | | 38,6+2,5=41,1 |
| 5-37 | 8,9 | 36-37, 37-42 | | 18,5+41,1+32,6+109,7=201,9 |
| 14-38 | 21,0 | 38-39, 38-47, 38-52 | | 32,6+0,0+30,3+59,2+11,6+12,2=145,9 |
| 38-39 | 32,6 | нет | | 0,0 |
| 39-40 | 48,0 | нет | | 0,0 |
| 40-41 | 41,1 | 39-40 | | 48,0+0,0=48,0 |
| 41-42 | 20,6 | 40-41 | | 41,1+48,0=89,1 |
| 37-42 | 32,6 | 41-42 | | 20,6+89,1=109,7 |
| 7-43 | 5,2 | 43-44 | | 11,6-0,2=11,5 |
| 43-44 | 11,6 | нет | | -0,2 |
| 44-45 | 15,1 | нет | | 0,2 |
| 45-46 | 15,7 | 44-45 | | 15,1+0,2=15,3 |
| 46-47 | 11,6 | 45-46 | | 15,7+15,3=31,0 |
| 38-47 | 30,3 | 46-47, 47-48 | | 11,6+31,0+8,0+8,5=59,2 |
| 38-52 | 11,6 | 52-53 | | 12,2+0,0=12,2 |
| 52-53 | 12,2 | нет | | 0,0 |
| 53-54 | 10,9 | нет | | 0,0 |

Окончание таблицы 11 - Расчет транзитного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, м ³ /ч | Номер участка для определения транзитного расхода газа | k_D | Транзитный расход газа, м ³ /ч |
|---------------|--|--|-------|---|
| 23-54 | 14,3 | 53-54 | | 10,9+0,0=10,9 |
| 24-55 | 13,6 | нет | | 0,0 |
| 55-56 | 10,3 | нет | | 0,0 |
| 12-56 | 7,8 | 55-56 | | 10,3+0,0=10,3 |
| 47-48 | 8,0 | 48-49 | | 8,5+0,0=8,5 |
| 48-49 | 8,5 | нет | | 0,0 |
| 49-50 | 7,5 | нет | | 0,0 |
| 50-51 | 11,0 | 49-50 | | 7,5+0,0=7,5 |
| 22-51 | 5,5 | 50-51 | | 11,0+7,5=18,6 |
| 35-57 | 8,7 | 57-58, 57-76 | | 3,6+33,2+2,0+0,0=38,8 |
| 57-58 | 3,6 | 58-59 | | 12,3+20,9=33,2 |
| 58-59 | 12,3 | 59-60 | | 20,9+0,0=20,9 |
| 59-60 | 20,9 | нет | | 0,0 |
| 60-61 | 29,5 | нет | | 0,0 |
| 61-62 | 8,4 | 60-61, 61-63 | | 29,5+0,0+23,5+11,1=64,1 |
| 11-62 | 13,2 | 61-62 | | 8,4+64,1=72,5 |
| 61-63 | 23,5 | 63-64 | | 11,2-0,1=11,1 |
| 63-64 | 11,2 | нет | | -0,1 |
| 64-65 | 7,0 | нет | | 0,1 |
| 65-66 | 20,9 | 65-74, 64-65 | | 22,0+0,0+7,0+0,1=29,1 |
| 66-67 | 21,8 | 65-66 | | 20,9+29,1=50,0 |
| 25-67 | 9,8 | 66-67, 67-75 | | 21,8+50,0+18,5+0,0=90,3 |
| 21-68 | 32,7 | 68-69 | | 31,7+14,4=46,1 |
| 68-69 | 31,7 | 69-70 | | 14,4+0,0=14,4 |
| 69-70 | 14,4 | нет | | 0,0 |
| 70-71 | 22,1 | нет | | 0,0 |
| 71-72 | 20,2 | 70-71 | | 22,1+0,0=22,1 |
| 72-73 | 32,7 | 71-72 | | 20,2+22,1=42,3 |
| 27-73 | 25,0 | 72-73 | | 32,7+42,3=74,9 |
| 65-74 | 22,0 | нет | | 0,0 |
| 67-75 | 18,5 | нет | | 0,0 |
| 57-76 | 2,0 | нет | | 0,0 |
| 32-77 | 5,0 | 77-78 | | 2,4+0,0=2,4 |
| 77-78 | 2,4 | нет | | 0,0 |
| 28-79 | 0,7 | 79-81 | | 7,5+8,9=16,5 |
| 29-80 | 0,7 | 80-83 | | 8,0+8,9=16,9 |
| 79-81 | 7,5 | 81-82 | | 8,9+0,0=8,9 |
| 81-82 | 8,9 | нет | | 0,0 |
| 80-83 | 8,0 | 83-84 | | 8,9+0,0=8,9 |
| 83-84 | 8,9 | нет | | 0,0 |
| 8-85 | 16,2 | нет | | 0,0 |
| 9-86 | 15,9 | нет | | 0,0 |

Расчет расчетного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (35) и сведен в таблицу 12.

Таблица 12 - Определение расчетного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, м ³ /ч | <i>k_п</i> | Транзитный расход газа, м ³ /ч | Расчетный расход газа, м ³ /ч |
|---------------|--|----------------------|---|--|
| 1-2 | 11,5 | 0,55 | 307,6 | 314,0 |
| 2-3 | 35,9 | 0,55 | 185,3 | 205,1 |
| 3-4 | 18,1 | 0,55 | 122,4 | 132,3 |
| 4-5 | 17,0 | 0,55 | 105,4 | 114,7 |
| 5-6 | 18,2 | 0,55 | 105,4 | 115,4 |
| 6-7 | 16,9 | 0,55 | 123,6 | 132,9 |
| 7-8 | 38,3 | 0,55 | 157,2 | 178,3 |
| 8-9 | 22,3 | 0,55 | 211,8 | 224,0 |
| 1-9 | 8,6 | 0,55 | 250,0 | 254,7 |
| 10-11 | 26,7 | 0,55 | 261,8 | 276,5 |
| 11-12 | 30,9 | 0,55 | 145,2 | 162,3 |
| 12-13 | 30,8 | 0,55 | 96,3 | 113,3 |
| 13-14 | 14,6 | 0,55 | 81,8 | 89,8 |
| 14-15 | 63,3 | 0,55 | 85,1 | 119,9 |
| 15-16 | 22,9 | 0,55 | 145,9 | 158,5 |
| 16-17 | 20,7 | 0,55 | 168,8 | 180,2 |
| 10-17 | 30,8 | 0,55 | 253,7 | 270,6 |
| 18-19 | 35,8 | 0,55 | 233,3 | 253,0 |
| 19-20 | 24,5 | 0,55 | 208,8 | 222,2 |
| 20-21 | 33,9 | 0,55 | 174,8 | 193,5 |
| 21-22 | 32,3 | 0,55 | 63,7 | 81,5 |
| 22-23 | 27,1 | 0,55 | 12,6 | 27,5 |
| 23-24 | 24,3 | 0,55 | 12,6 | 25,9 |
| 24-25 | 22,3 | 0,55 | 50,4 | 62,7 |
| 25-26 | 23,1 | 0,55 | 172,8 | 185,5 |
| 26-27 | 23,1 | 0,55 | 195,9 | 208,6 |
| 18-27 | 35,8 | 0,55 | 318,9 | 338,6 |
| 2-28 | 1,5 | 0,55 | 84,9 | 85,7 |
| 28-29 | 13,1 | 0,55 | 54,7 | 61,9 |
| 29-30 | 12,6 | 0,55 | 24,5 | 31,4 |
| 30-31 | 9,4 | 0,55 | 15,1 | 20,3 |
| 31-32 | 8,5 | 0,55 | 6,6 | 11,3 |
| 32-33 | 21,9 | 0,55 | 6,6 | 18,6 |
| 3-33 | 16,4 | 0,55 | 28,5 | 37,5 |
| 32-34 | 5,8 | 0,55 | 0,0 | 3,2 |
| 34-35 | 7,0 | 0,55 | 0,0 | 3,8 |
| 17-35 | 9,8 | 0,55 | 54,5 | 59,8 |
| 15-36 | 38,6 | 0,55 | 2,5 | 23,7 |
| 36-37 | 18,5 | 0,55 | 41,1 | 51,3 |
| 5-37 | 8,9 | 0,55 | 201,9 | 206,8 |
| 14-38 | 21,0 | 0,55 | 145,9 | 157,4 |
| 38-39 | 32,6 | 0,55 | 0,0 | 17,9 |
| 39-40 | 48,0 | 0,55 | 0,0 | 26,4 |
| 40-41 | 41,1 | 0,55 | 48,0 | 70,6 |

Продолжение таблицы 12 - Определение расчетного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, м ³ /ч | <i>кп</i> | Транзитный расход газа, м ³ /ч | Расчетный расход газа, м ³ /ч |
|---------------|--|-----------|---|--|
| 41-42 | 20,6 | 0,55 | 89,1 | 100,4 |
| 37-42 | 32,6 | 0,55 | 109,7 | 127,6 |
| 7-43 | 5,2 | 0,55 | 11,5 | 14,4 |
| 43-44 | 11,6 | 0,55 | -0,2 | 6,2 |
| 44-45 | 15,1 | 0,55 | 0,2 | 8,5 |
| 45-46 | 15,7 | 0,55 | 15,3 | 23,9 |
| 46-47 | 11,6 | 0,55 | 31,0 | 37,4 |
| 38-47 | 30,3 | 0,55 | 59,2 | 75,9 |
| 38-52 | 11,6 | 0,55 | 12,2 | 18,6 |
| 52-53 | 12,2 | 0,55 | 0,0 | 6,7 |
| 53-54 | 10,9 | 0,55 | 0,0 | 6,0 |
| 23-54 | 14,3 | 0,55 | 10,9 | 18,7 |
| 24-55 | 13,6 | 0,55 | 0,0 | 7,5 |
| 55-56 | 10,3 | 0,55 | 0,0 | 5,7 |
| 12-56 | 7,8 | 0,55 | 10,3 | 14,6 |
| 47-48 | 8,0 | 0,55 | 8,5 | 12,9 |
| 48-49 | 8,5 | 0,55 | 0,0 | 4,7 |
| 49-50 | 7,5 | 0,55 | 0,0 | 4,1 |
| 50-51 | 11,0 | 0,55 | 7,5 | 13,6 |
| 22-51 | 5,5 | 0,55 | 18,6 | 21,6 |
| 35-57 | 8,7 | 0,55 | 38,8 | 43,6 |
| 57-58 | 3,6 | 0,55 | 33,2 | 35,1 |
| 58-59 | 12,3 | 0,55 | 20,9 | 27,6 |
| 59-60 | 20,9 | 0,55 | 0,0 | 11,5 |
| 60-61 | 29,5 | 0,55 | 0,0 | 16,2 |
| 61-62 | 8,4 | 0,55 | 64,1 | 68,7 |
| 11-62 | 13,2 | 0,55 | 72,5 | 79,7 |
| 61-63 | 23,5 | 0,55 | 11,1 | 24,0 |
| 63-64 | 11,2 | 0,55 | -0,1 | 6,1 |
| 64-65 | 7,0 | 0,55 | 0,1 | 4,0 |
| 65-66 | 20,9 | 0,55 | 29,1 | 40,6 |
| 66-67 | 21,8 | 0,55 | 50,0 | 62,0 |
| 25-67 | 9,8 | 0,55 | 90,3 | 95,7 |
| 21-68 | 32,7 | 0,55 | 46,1 | 64,1 |
| 68-69 | 31,7 | 0,55 | 14,4 | 31,9 |
| 69-70 | 14,4 | 0,55 | 0,0 | 7,9 |
| 70-71 | 22,1 | 0,55 | 0,0 | 12,2 |
| 71-72 | 20,2 | 0,55 | 22,1 | 33,2 |
| 72-73 | 32,7 | 0,55 | 42,3 | 60,2 |
| 27-73 | 25,0 | 0,55 | 74,9 | 88,7 |
| 65-74 | 22,0 | 0,55 | 0,0 | 12,1 |
| 67-75 | 18,5 | 0,55 | 0,0 | 10,2 |
| 57-76 | 2,0 | 0,55 | 0,0 | 1,1 |
| 32-77 | 5,0 | 0,55 | 2,4 | 5,1 |
| 77-78 | 2,4 | 0,55 | 0,0 | 1,3 |
| 28-79 | 0,7 | 0,55 | 16,5 | 16,8 |
| 29-80 | 0,7 | 0,55 | 16,9 | 17,3 |

Окончание таблицы 12 - Определение расчетного расхода газа

| Номер участка | Путевой расход газа, м ³ /ч | <i>k_п</i> | Транзитный расход газа, м ³ /ч | Расчетный расход газа, м ³ /ч |
|---------------|--|----------------------|---|--|
| 79-81 | 7,5 | 0,55 | 8,9 | 13,1 |
| 81-82 | 8,9 | 0,55 | 0,0 | 4,9 |
| 80-83 | 8,0 | 0,55 | 8,9 | 13,3 |
| 83-84 | 8,9 | 0,55 | 0,0 | 4,9 |
| 8-85 | 16,2 | 0,55 | 0,0 | 8,9 |
| 9-86 | 15,9 | 0,55 | 0,0 | 8,7 |

На основании полученных расчетных расходов газа, приведенных в таблице 12, выполнен гидравлический расчет закольцованной части, определены относительные невязки для каждого кольца и поправочные круговые расходы газа, результаты расчета приведены в таблице 13. Для достижения относительной невязки потерь давления к каждому кольце $\Sigma/\Delta P < 0,5$ Па выполнено 13 приближений, и определены поправочные круговые расходы газа для каждого кольца. Сводные результаты промежуточных приближений приведены в таблице 13. Результаты окончательного гидравлического расчета закольцованной части газовой сети низкого давления приведены в таблице 15. Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления – приведены в таблице 16.

Давление газа в узловых точках определяется по формуле

$$P = P_i - \Delta P_{уч}, \text{ кПа}, \quad (40)$$

где P - давление газа в рассматриваемой точке, кПа;

P_i - давление газа в предыдущей узловой точке по ходу движения газа, кПа;

$\Delta P_{уч}$ - потери давления газа на участке газовой сети, кПа.

Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети приведен в таблице 17.

Таблица 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Предварительное распределение потоков | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|---------------------------------------|-----------|---|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_p$ |
| К1 | 1-2 | | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 314,0 | 0,0206 | 268 | 0,8521 |
| | 2-3 | К4 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 205,1 | 0,0229 | 262 | 1,2769 |
| | 3-4 | К5 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 132,3 | 0,0256 | 59 | 0,4457 |
| | 4-5 | К5 | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 114,7 | 0,0265 | 43 | 0,3755 |
| | 5-6 | К7 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -115,4 | 0,0264 | -41 | 0,3520 |
| | 6-7 | К7 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -132,9 | 0,0255 | -48 | 0,3634 |
| | 7-8 | | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -178,3 | 0,0237 | -224 | 1,2543 |
| | 8-9 | | 310 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -224,0 | 0,0224 | -287 | 1,2818 |
| | 1-9 | | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -254,7 | 0,0217 | -139 | 0,5463 |
| $\Delta = \frac{-107}{0,5 \cdot 1370} \cdot 100 = -15,7 \%, \quad \Delta Q_K^1 = -\frac{-107}{1,75 \cdot 6,7479} = 9,1 \text{ м}^3/\text{ч},$ | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -107}{\sum / \Delta P / = 1370}$ | $\Sigma = 6,7479$ |
| $\Delta Q_K = 9,1 + \frac{(1,2769 \cdot 44,79 + (0,4457 + 0,3755) \cdot -5,36 + (0,352 + 0,3634) \cdot -52,26)}{6,7479} = 13,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К2 | 10-11 | КК10 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 276,5 | 0,0213 | 442 | 1,5978 |
| | 11-12 | КК11 | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 162,3 | 0,0243 | 142 | 0,8764 |
| | 12-13 | К8 | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 113,3 | 0,0266 | 101 | 0,8925 |
| | 13-14 | К8 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 89,8 | 0,0282 | 32 | 0,3540 |
| | 14-15 | К6 | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -119,9 | 0,0262 | -109 | 0,9057 |
| | 15-16 | К5 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -158,5 | 0,0244 | -106 | 0,6698 |
| | 16-17 | К5 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -180,2 | 0,0237 | -120 | 0,6672 |
| | 10-17 | КК10 | 380 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -270,6 | 0,0214 | -490 | 1,8105 |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Предварительное распределение потоков | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|-----------|--|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_P$ |
| $\Delta = \frac{-108,05}{0,5 \cdot 1542} \cdot 100 = -14,02 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-108,05}{1,75 \cdot 7,7739} = 7,94 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = -108,05}{\Sigma / \Delta P / = 1542}$ | $\Sigma = 7,7739$ |
| $\Delta Q_K = 7,94 + \frac{((1,5978 + 1,8105) \cdot -4,5 + 0,8764 \cdot 26,5 + (0,8925 + 0,354) \cdot 49,1 + 0,9057 \cdot -12,9 + (0,6698 + 0,6672) \cdot -5,36)}{7,7739} = 35,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К3 | 18-19 | КК12 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 253,0 | 0,0217 | 218 | 0,8605 |
| | 19-20 | КК12 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 222,2 | 0,0225 | 119 | 0,5343 |
| | 20-21 | КК12 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 193,5 | 0,0232 | 129 | 0,6668 |
| | 21-22 | | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 81,5 | 0,0289 | 55 | 0,6780 |
| | 22-23 | К9 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 27,5 | 0,0379 | 4 | 0,1628 |
| | 23-24 | К8 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -25,9 | 0,0384 | -5 | 0,1805 |
| | 24-25 | КК11 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -62,7 | 0,0308 | -16 | 0,2544 |
| | 25-26 | | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -185,5 | 0,0235 | -166 | 0,8972 |
| | 26-27 | | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -208,6 | 0,0228 | -204 | 0,9797 |
| 18-27 | КК12 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -338,6 | 0,0202 | -363 | 1,0708 | |
| $\Delta = \frac{-228,76}{0,5 \cdot 1279} \cdot 100 = -35,77 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-228,76}{1,75 \cdot 6,2851} = 20,8 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = -228,76}{\Sigma / \Delta P / = 1279}$ | $\Sigma = 6,2851$ |
| $\Delta Q_K = 20,8 + \frac{((0,8605 + 0,5343 + 0,6668 + 1,0708) \cdot 6,5 + 0,1628 \cdot 18,3 + 0,1805 \cdot 49,1 + 0,2544 \cdot 26,5)}{6,2851} = 41,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | Предварительное распределение потоков | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------|--|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_P$ |
| К4 | 2-28 | | 40 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 85,7 | 0,0285 | 7 | 0,0805 |
| | 28-29 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 61,9 | 0,0309 | 33 | 0,5358 |
| | 29-30 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 31,4 | 0,0366 | 10 | 0,3222 |
| | 30-31 | | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 20,3 | 0,0383 | 3 | 0,1409 |
| | 31-32 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 11,3 | 0,0315 | 1 | 0,0585 |
| | 32-33 | К5 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,6 | 0,0372 | -3 | 0,1598 |
| | 3-33 | К5 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -37,5 | 0,0350 | -9 | 0,2272 |
| | 2-3 | К1 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -205,1 | 0,0229 | -262 | 1,2769 |
| $\Delta = \frac{-219,62}{0,5 \cdot 327,05} \cdot 100 = -134,30 \%, \quad \Delta Q_K^1 = -\frac{-219,62}{1,75 \cdot 2,8017} = 44,79 \text{ м}^3/\text{ч}.$ | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -219,62}{\sum / \Delta P / = 327,05}$ | $\Sigma = 2,8017$ |
| $\Delta Q_K = 44,79 + \frac{((0,1598 + 0,2272) \cdot -5,36 + 1,2769 \cdot 9,1)}{2,8017} = 45,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К5 | 3-33 | К4 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 37,5 | 0,0350 | 9 | 0,2272 |
| | 32-33 | К4 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,6 | 0,0372 | 3 | 0,1598 |
| | 32-34 | | 100 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 3,2 | 0,1129 | 0 | 0,0297 |
| | 34-35 | | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -3,8 | 0,0941 | 0 | 0,0357 |
| | 17-35 | КК10 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -59,8 | 0,0312 | -17 | 0,2765 |
| | 16-17 | К2 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 180,2 | 0,0237 | 120 | 0,6672 |
| | 15-16 | К2 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 158,5 | 0,0244 | 106 | 0,6698 |
| | 15-36 | К6 | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -23,7 | 0,0393 | -5 | 0,1920 |
| | 36-37 | К6 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -51,3 | 0,0324 | -8 | 0,1643 |
| | 5-37 | К7 | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -206,8 | 0,0229 | -72 | 0,3504 |
| | 4-5 | К1 | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -114,7 | 0,0265 | -43 | 0,3755 |
| 3-4 | К1 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -132,3 | 0,0256 | -59 | 0,4457 | |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Предварительное распределение потоков | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------|--|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | $l, \text{ м}$ | $d_n \times S, \text{ мм}$ | $d, \text{ мм}$ | $Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$ | λ | $\Delta P, \text{ Па}$ | $\Delta P/Q_P$ |
| $\Delta = \frac{33,74}{0,5 \cdot 442,12} \cdot 100 = 15,26 \%, \quad \Delta Q_K^1 = -\frac{33,74}{1,75 \cdot 3,5936} = -5,36 \text{ м}^3/\text{ч}.$ | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = 33,74}{\Sigma / \Delta P / = 442,12}$ | $\Sigma = 3,5936$ |
| $\Delta Q_K = -5,36 + \frac{((0,2272 + 0,1598) \cdot 44,79 + (0,6672 + 0,6698) \cdot 7,94 + (0,192 + 0,1643) \cdot -12,9 + (0,3755 + 0,4457) \cdot 9,1 + 0,2765 \cdot -4,5 + 0,3054 \cdot -52,26)}{3,5936} = 8,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| 46 К6 | 36-37 | К5 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 51,3 | 0,0324 | 8 | 0,1643 |
| | 15-36 | К5 | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 23,7 | 0,0393 | 5 | 0,1920 |
| | 14-15 | К2 | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 119,9 | 0,0262 | 109 | 0,9057 |
| | 14-38 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 157,4 | 0,0245 | 80 | 0,5078 |
| | 38-39 | К7 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 17,9 | 0,0368 | 2 | 0,1030 |
| | 39-40 | К7 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -26,4 | 0,0383 | -6 | 0,2328 |
| | 40-41 | К7 | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -70,6 | 0,0299 | -29 | 0,4174 |
| | 41-42 | К7 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -100,4 | 0,0274 | -27 | 0,2718 |
| 37-42 | К7 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -127,6 | 0,0258 | -66 | 0,5150 | |
| $\Delta = \frac{74,79}{0,5 \cdot 332,01} \cdot 100 = 45,05 \%, \quad \Delta Q_K^1 = -\frac{74,79}{1,75 \cdot 3,3097} = -12,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$ | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = 74,79}{\Sigma / \Delta P / = 332,01}$ | $\Sigma = 3,3097$ |
| $\Delta Q_K = -12,9 + \frac{((0,1643 + 0,192) \cdot -5,36 + 0,9057 \cdot 7,94 + 0,5078 \cdot 49,1 + (0,103 + 0,2328 + 0,4174 + 0,2718 + 0,515) \cdot -52,26)}{3,3097} = -28,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К7 | 5-6 | К1 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 115,4 | 0,0264 | 40,632 | 0,3520 |
| | 6-7 | К1 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 132,9 | 0,0255 | 48,296 | 0,3634 |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | Предварительное распределение потоков | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------|---|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_p$ |
| К7 | 7-43 | | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -14,4 | 0,0341 | -0,522 | 0,0364 |
| | 43-44 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,2 | 0,0578 | -0,371 | 0,0594 |
| | 44-45 | | 260 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 8,5 | 0,0425 | 0,655 | 0,0773 |
| | 45-46 | | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 23,9 | 0,0392 | 4,995 | 0,2086 |
| | 46-47 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 37,4 | 0,0351 | 8,083 | 0,2160 |
| | 38-47 | К9 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 75,9 | 0,0294 | 39,011 | 0,5141 |
| | 38-39 | К6 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -17,9 | 0,0368 | -1,844 | 0,1030 |
| | 39-40 | К6 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 26,4 | 0,0383 | 6,143 | 0,2328 |
| | 40-41 | К6 | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 70,6 | 0,0299 | 29,469 | 0,4174 |
| | 41-42 | К6 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 100,4 | 0,0274 | 27,295 | 0,2718 |
| | 37-42 | К6 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 127,6 | 0,0258 | 65,706 | 0,5150 |
| 5-37 | К5 | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 206,8 | 0,0229 | 72,470 | 0,3504 | |
| $\Delta = \frac{340,02}{0,5 \cdot 345,49} \cdot 100 = 196,8 \%, \quad \Delta Q_K^1 = -\frac{340,02}{1,75 \cdot 3,7176} = -52,26 \text{ м}^3/\text{ч}.$ | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = 340,02}{\Sigma / \Delta P = 345,49}$ | $\Sigma = 3,7176$ |
| $\Delta Q_K = -52,26 + \frac{((0,352 + 0,3634) \cdot 9,1 + 0,5141 \cdot 18,3 + (0,103 + 0,2328 + 0,4174 + 0,2718 + 0,515) \cdot -12,9 + 0,3504 \cdot -5,36)}{3,7176} = -66,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К8 | 12-13 | К2 | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -113,3 | 0,0266 | -101,105 | 0,8925 |
| | 13-14 | К2 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -89,8 | 0,0282 | -31,783 | 0,3540 |
| | 14-38 | К6 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -157,4 | 0,0245 | -79,947 | 0,5078 |
| | 38-52 | К9 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,6 | 0,0372 | -1,804 | 0,0970 |
| | 52-53 | К9 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,7 | 0,0536 | -0,360 | 0,0535 |
| | 53-54 | К9 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,0 | 0,0603 | 0,285 | 0,0475 |
| | 23-54 | К9 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,7 | 0,0373 | 2,267 | 0,1209 |
| | 23-24 | К3 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 25,9 | 0,0384 | 4,679 | 0,1805 |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | Предварительное распределение потоков | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------|--|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_p$ |
| | 24-55 | КК11 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -7,5 | 0,0483 | -0,466 | 0,0624 |
| | 55-56 | КК11 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 5,7 | 0,0634 | 0,270 | 0,0475 |
| | 12-56 | КК11 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 14,6 | 0,0343 | 0,724 | 0,0496 |
| $\Delta = \frac{-207,24}{0,5 \cdot 223,69} \cdot 100 = -185,29 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-207,24}{1,75 \cdot 2,4133} = 49,1 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -207,24}{\sum / \Delta P / = 223,69}$ | $\Sigma = 2,4133$ |
| $\Delta Q_K = 49,1 + \frac{((0,8925 + 0,354) \cdot 7,94 + 0,5078 \cdot -12,9 + (0,097 + 0,0535 + 0,0475 + 0,1209) \cdot 18,3 + 0,1805 \cdot 20,8 + (0,0624 + 0,0475 + 0,0496) \cdot 26,5)}{2,4133} = 75,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К9 | 38-47 | К7 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -75,9 | 0,0294 | -39,011 | 0,5141 |
| | 47-48 | | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -12,9 | 0,0330 | -0,728 | 0,0562 |
| | 48-49 | | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -4,7 | 0,0769 | -0,237 | 0,0505 |
| | 49-50 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 4,1 | 0,0872 | 0,184 | 0,0446 |
| | 50-51 | | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 13,6 | 0,0335 | 1,122 | 0,0826 |
| | 22-51 | | 110 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 21,6 | 0,0391 | 1,652 | 0,0765 |
| | 22-23 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -27,5 | 0,0379 | -4,474 | 0,1628 |
| | 23-54 | К8 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,7 | 0,0373 | -2,267 | 0,1209 |
| | 53-54 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,0 | 0,0603 | -0,285 | 0,0475 |
| | 52-53 | К8 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,7 | 0,0536 | 0,360 | 0,0535 |
| 38-52 | К8 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,6 | 0,0372 | 1,804 | 0,0970 | |
| $\Delta = \frac{-41,88}{0,5 \cdot 52,12} \cdot 100 = 160,69 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-41,88}{1,75 \cdot 1,3062} = 18,3 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -41,88}{\sum / \Delta P / = 52,12}$ | $\Sigma = 1,3062$ |
| $\Delta Q_K = 18,3 + \frac{(0,5141 \cdot -52,26 + 0,1628 \cdot 20,8 + (0,1209 + 0,0475 + 0,0535 + 0,097) \cdot 49,1)}{1,3062} = 35,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | Предварительное распределение потоков | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------|---|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | $l, \text{ м}$ | $d_n \times S, \text{ мм}$ | $d, \text{ мм}$ | $Q_p, \text{ м}^3/\text{ч}$ | λ | $\Delta P, \text{ Па}$ | $\Delta P/Q_p$ |
| К10 | 10-17 | К2 | 380 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 270,6 | 0,021375 | 489,992 | 1,8105 |
| | 17-35 | К5 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 59,8 | 0,031171 | 16,546 | 0,2765 |
| | 35-57 | | 290 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 43,6 | 0,033746 | 15,293 | 0,3511 |
| | 57-58 | | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 35,1 | 0,035608 | 9,777 | 0,2782 |
| | 58-59 | | 100 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 27,6 | 0,037807 | 2,380 | 0,0861 |
| | 59-60 | | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 11,5 | 0,031698 | 0,586 | 0,0510 |
| | 60-61 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -16,2 | 0,035559 | -1,849 | 0,1140 |
| | 61-62 | КК11 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -68,7 | 0,030113 | -16,388 | 0,2385 |
| | 11-62 | КК11 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -79,7 | 0,029013 | -33,418 | 0,4191 |
| 10-11 | К2 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -276,5 | 0,02126 | -441,819 | 1,5978 | |
| $\Delta = \frac{41}{0,5 \cdot 1028} \cdot 100 = 8,0 \%, \quad \Delta Q_k^1 = -\frac{41}{1,75 \cdot 5,2229} = -4,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$ | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = 41}{\sum / \Delta P / = 1028}$ | $\Sigma = 5,2229$ |
| $\Delta Q_K = -4,5 + \frac{((1,8105 + 1,5978) \cdot 7,94 + 0,2765 \cdot -5,36 + (0,2385 + 0,4191) \cdot 26,5)}{5,2229} = 24,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К11 | 24-55 | К8 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 7,5 | 0,0483 | 0,466 | 0,0624 |
| | 55-56 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -5,7 | 0,0634 | -0,270 | 0,0475 |
| | 12-56 | К8 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -14,6 | 0,0343 | -0,724 | 0,0496 |
| | 11-12 | К2 | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -162,3 | 0,0243 | -142,202 | 0,8764 |
| | 11-62 | КК10 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 79,7 | 0,0290 | 33,418 | 0,4191 |
| | 61-62 | КК10 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 68,7 | 0,0301 | 16,388 | 0,2385 |
| | 61-63 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 24,0 | 0,0392 | 2,793 | 0,1162 |
| | 63-64 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,1 | 0,0594 | 0,433 | 0,0713 |
| | 64-65 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -4,0 | 0,0912 | -0,176 | 0,0446 |
| | 65-66 | | 230 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -40,6 | 0,0343 | -10,730 | 0,2642 |
| | 66-67 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -62,0 | 0,0309 | -23,471 | 0,3786 |

Окончание таблицы 13 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Предварительное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------|-----------|--|-------------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l, м | $d_n \times S$, мм | d, мм | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | $\Delta P/Q_p$ |
| К11 | 25-67 | | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -95,7 | 0,0277 | -43,900 | 0,4588 |
| | 24-25 | К3 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 62,7 | 0,0308 | 15,941 | 0,2544 |
| $\Delta = \frac{-152}{0,5 \cdot 291} \cdot 100 = -104,52 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-152}{1,75 \cdot 3,2817} = 26,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -152}{\sum / \Delta P = 291}$ | $\Sigma = 3,2817$ |
| $\Delta Q_K = 26,5 + \frac{((0,0624 + 0,0475 + 0,0496) \cdot 49,1 + 0,8764 \cdot 7,94 + (0,4191 + 0,2385) \cdot -4,5 + 0,2544 \cdot 20,8)}{3,2817} = 49,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |
| К12 | 18-19 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -253,0 | 0,0217 | -217,68 | 0,8605 |
| | 19-20 | К3 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -222,2 | 0,0225 | -118,74 | 0,5343 |
| | 20-21 | К3 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -193,5 | 0,0232 | -129,03 | 0,6668 |
| | 21-68 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -64,1 | 0,0306 | -35,24 | 0,5499 |
| | 68-69 | | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -31,9 | 0,0365 | -10,06 | 0,3159 |
| | 69-70 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -7,9 | 0,0455 | -0,35 | 0,0446 |
| | 70-71 | | 230 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 12,2 | 0,0323 | 0,90 | 0,0744 |
| | 71-72 | | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 33,2 | 0,0361 | 6,88 | 0,2074 |
| | 72-73 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 60,2 | 0,0311 | 31,62 | 0,5249 |
| | 27-73 | | 260 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 88,7 | 0,0283 | 47,58 | 0,5365 |
| 18-27 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 338,6 | 0,0202 | 362,56 | 1,0708 | |
| $\Delta = \frac{-62}{0,5 \cdot 961} \cdot 100 = -12,82 \%$, $\Delta Q_K^1 = -\frac{-62}{1,75 \cdot 5,3859} = 6,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -62}{\sum / \Delta P = 961}$ | $\Sigma = 5,3859$ |
| $\Delta Q_K = 6,5 + \frac{((0,8605 + 0,5343 + 0,6668 + 1,0708) \cdot 20,8)}{5,3859} = 29,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ | | | | | | | | | |

Таблица 14 – Свод поправочных расходов

| Номер контура (кольца) | Наименование показателя | По таблице 13 | Номер последовательного приближения | | | | | | | | | | | | | Итого |
|------------------------|---|---------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| К1 | Ошибка в кольце, % | -15,7 | -4,30 | -0,30 | -0,58 | -0,46 | -0,31 | -0,20 | -0,13 | -0,08 | -0,05 | -0,03 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 9,1 | 2,38 | 0,17 | 0,32 | 0,25 | 0,17 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 11,4 | 0,81 | 0,26 | 0,42 | 0,32 | 0,22 | 0,14 | 0,09 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 13,8 |
| К2 | Ошибка в кольце, % | -14,02 | -14,56 | -7,92 | -4,75 | -2,95 | -1,84 | -1,16 | -0,73 | -0,46 | -0,29 | -0,18 | -0,11 | -0,07 | -0,04 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 7,94 | 8,03 | 4,36 | 2,62 | 1,62 | 1,02 | 0,64 | 0,40 | 0,25 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 14,40 | 8,03 | 4,92 | 3,00 | 1,89 | 1,19 | 0,75 | 0,47 | 0,29 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 35,4 |
| К3 | Ошибка в кольце, % | -35,77 | -15,16 | -5,75 | -2,05 | -0,87 | -0,43 | -0,24 | -0,14 | -0,08 | -0,05 | -0,03 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 20,80 | 8,41 | 3,19 | 1,13 | 0,48 | 0,24 | 0,13 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 27,01 | 8,79 | 3,25 | 1,18 | 0,51 | 0,25 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 41,3 |

Продолжение таблицы 14 – Свод поправочных расходов

| Номер контура (кольца) | Наименование показателя | По таблице 13 | Номер последовательного приближения | | | | | | | | | | | | | Итого |
|------------------------|---|---------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| К4 | Ошибка в кольце, % | -134,30 | 15,28 | -0,24 | -0,48 | -0,37 | -0,22 | -0,14 | -0,08 | -0,05 | -0,03 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 44,79 | -4,68 | 0,07 | 0,15 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 49,24 | -4,58 | 0,18 | 0,31 | 0,24 | 0,15 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| К5 | Ошибка в кольце, % | 15,26 | 4,67 | -0,80 | -1,35 | -0,91 | -0,62 | -0,40 | -0,25 | -0,15 | -0,10 | -0,06 | -0,04 | -0,02 | -0,01 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | -5,36 | -1,58 | 0,27 | 0,44 | 0,29 | 0,20 | 0,13 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 1,17 | 0,39 | 2,33 | 1,81 | 1,19 | 0,77 | 0,49 | 0,31 | 0,19 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 8,9 |
| К6 | Ошибка в кольце, % | 45,05 | 37,15 | 8,32 | -1,72 | -3,02 | -2,26 | -1,51 | -0,97 | -0,61 | -0,38 | -0,24 | -0,15 | -0,09 | -0,06 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | -12,91 | -6,96 | -1,39 | 0,28 | 0,48 | 0,36 | 0,24 | 0,15 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | -25,64 | -8,83 | 0,81 | 1,41 | 1,19 | 0,80 | 0,52 | 0,33 | 0,21 | 0,13 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | -28,9 |

Продолжение таблицы 14 – Свод поправочных расходов

| Номер контура (кольца) | Наименование показателя | По таблице 13 | Номер последовательного приближения | | | | | | | | | | | | | Итого |
|------------------------|---|---------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| К7 | Ошибка в кольце, % | 196,83 | 46,74 | -4,91 | -1,59 | -0,92 | -0,58 | -0,36 | -0,23 | -0,14 | -0,09 | -0,06 | -0,04 | -0,02 | -0,01 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | -52,26 | -8,35 | 0,88 | 0,28 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | -58,66 | -11,36 | 1,06 | 0,85 | 0,62 | 0,41 | 0,27 | 0,17 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | -66,4 |
| К8 | Ошибка в кольце, % | -185,29 | -7,29 | -16,6 | -5,26 | -3,45 | -2,10 | -1,31 | -0,82 | -0,51 | -0,32 | -0,20 | -0,13 | -0,08 | -0,05 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 49,07 | 1,14 | 2,36 | 0,76 | 0,51 | 0,31 | 0,19 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 57,31 | 8,76 | 3,95 | 2,07 | 1,29 | 0,80 | 0,50 | 0,31 | 0,20 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 75,5 |
| К9 | Ошибка в кольце, % | -160,69 | -135,8 | 19,61 | -1,39 | 0,06 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 18,32 | 14,81 | -2,08 | 0,15 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 12,59 | 20,11 | -0,26 | 1,15 | 0,60 | 0,38 | 0,23 | 0,15 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 35,2 |

Окончание таблицы 14 – Свод поправочных расходов

| Номер контура (кольца) | Наименование показателя | По таблице 13 | Номер последовательного приближения | | | | | | | | | | | | | Итого |
|------------------------|---|---------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| К10 | Ошибка в кольце, % | 8,00 | -2,80 | -1,20 | -0,71 | -0,41 | -0,25 | -0,16 | -0,10 | -0,06 | -0,04 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | -4,50 | 1,55 | 0,66 | 0,38 | 0,22 | 0,14 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 8,29 | 6,57 | 3,74 | 2,27 | 1,40 | 0,88 | 0,55 | 0,35 | 0,22 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 24,6 |
| К11 | Ошибка в кольце, % | -104,52 | -2,08 | -0,21 | -0,04 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 26,47 | 0,48 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 36,86 | 5,42 | 2,72 | 1,55 | 0,95 | 0,59 | 0,37 | 0,23 | 0,15 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 49,0 |
| К12 | Ошибка в кольце, % | -12,82 | 0,83 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Гидравлическая увязка кольца, м ³ /ч | 6,53 | -0,43 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Поправочный круговой расход в кольце, м ³ /ч | 12,59 | 20,11 | -0,26 | 1,15 | 0,60 | 0,38 | 0,23 | 0,15 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 35,2 |

Таблица 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_p , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|--|-------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{уч}$, м ³ /ч | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| К1 | 1-2 | | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 314,0 | 13,8 | 327,7 | 0,0204 | 288 |
| | 2-3 | К4 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 205,1 | -32,0 | 173,1 | 0,0239 | 195 |
| | 3-4 | К5 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 132,3 | 4,8 | 137,2 | 0,0253 | 63 |
| | 4-5 | К5 | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 114,7 | 4,8 | 119,6 | 0,0262 | 46 |
| | 5-6 | К7 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -115,4 | 80,2 | -35,3 | 0,0356 | -5 |
| | 6-7 | К7 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -132,9 | 80,2 | -52,7 | 0,0322 | -10 |
| | 7-8 | | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -178,3 | 13,8 | -164,5 | 0,0242 | -194 |
| | 8-9 | | 310 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -224,0 | 13,8 | -210,3 | 0,0228 | -257 |
| | 1-9 | | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -254,7 | 13,8 | -240,9 | 0,0220 | -126 |
| $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1184} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = 0}{\Sigma / \Delta P / = 1184}$ | |
| К2 | 10-11 | КК10 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 276,5 | 10,8 | 287,3 | 0,0211 | 472 |
| | 11-12 | КК11 | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 162,3 | -13,7 | 148,6 | 0,0248 | 122 |
| | 12-13 | К8 | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 113,3 | -40,1 | 73,2 | 0,0296 | 47 |
| | 13-14 | К8 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 89,8 | -40,1 | 49,7 | 0,0327 | 11 |
| | 14-15 | К6 | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -119,9 | 64,3 | -55,6 | 0,0317 | -28 |
| | 15-16 | К5 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -158,5 | 26,4 | -132,0 | 0,0256 | -77 |
| | 16-17 | К5 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -180,2 | 26,4 | -153,7 | 0,0246 | -91 |
| | 10-17 | КК10 | 380 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -270,6 | 10,8 | -259,9 | 0,0216 | -456 |
| $\Delta = \frac{-0,18}{0,5 \cdot 1343} \cdot 100 = -0,03 \%$ | | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = -0,18}{\Sigma / \Delta P / = 1343}$ | |

Продолжение таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_p , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|--|-------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{уч}$, м ³ /ч | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| К3 | 18-19 | КК12 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 253,0 | 11,4 | 264,4 | 0,0215 | 235 |
| | 19-20 | КК12 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 222,2 | 11,4 | 233,7 | 0,0222 | 130 |
| | 20-21 | КК12 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 193,5 | 11,4 | 204,9 | 0,0229 | 143 |
| | 21-22 | | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 81,5 | 41,3 | 122,8 | 0,0260 | 113 |
| | 22-23 | К9 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 27,5 | 6,1 | 33,6 | 0,0360 | 6 |
| | 23-24 | К8 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -25,9 | -34,2 | -60,1 | 0,0311 | -20 |
| | 24-25 | КК11 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -62,7 | -7,7 | -70,4 | 0,0299 | -20 |
| | 25-26 | | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -185,5 | 41,3 | -144,2 | 0,0250 | -107 |
| | 26-27 | | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -208,6 | 41,3 | -167,2 | 0,0241 | -139 |
| | 18-27 | КК12 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -338,6 | 11,4 | -327,1 | 0,0204 | -341 |
| $\Delta = \frac{-0,03}{0,5 \cdot 1262} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,03}{\sum / \Delta P / = 1262}$ | |
| К4 | 2-28 | | 40 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 85,7 | 45,8 | 131,5 | 0,0256 | 15 |
| | 28-29 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 61,9 | 45,8 | 107,7 | 0,0269 | 87 |
| | 29-30 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 31,4 | 45,8 | 77,2 | 0,0292 | 49 |
| | 30-31 | | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 20,3 | 45,8 | 66,1 | 0,0304 | 24 |
| | 31-32 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 11,3 | 45,8 | 57,1 | 0,0315 | 17 |
| | 32-33 | К5 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,6 | 36,8 | 18,2 | 0,0370 | 3 |
| | 3-33 | К5 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -37,5 | 36,8 | -0,6 | 0,5593 | 0 |
| | 2-3 | К1 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -205,1 | 32,0 | -173,1 | 0,0239 | -195 |
| $\Delta = \frac{-0,01}{0,5 \cdot 397} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,01}{\sum / \Delta P / = 397}$ | |

Продолжение таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_p , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|---|-------------------------------------|---------------------------|---|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{уч}$, м ³ /ч | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| К5 | 3-33 | К4 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 37,5 | -36,8 | 0,6 | 0,5593 | 0 |
| | 32-33 | К4 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,6 | -36,8 | -18,2 | 0,0370 | -3 |
| | 32-34 | | 100 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 3,2 | 8,9 | 12,1 | 0,0323 | 0 |
| | 34-35 | | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -3,8 | 8,9 | 5,1 | 0,0706 | 0 |
| | 17-35 | КК10 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -59,8 | -15,7 | -75,5 | 0,0294 | -25 |
| | 16-17 | К2 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 180,2 | -26,4 | 153,7 | 0,0246 | 91 |
| | 15-16 | К2 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 158,5 | -26,4 | 132,0 | 0,0256 | 77 |
| | 15-36 | К6 | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -23,7 | 37,9 | 14,1 | 0,0339 | 1 |
| | 36-37 | К6 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -51,3 | 37,9 | -13,5 | 0,0334 | -1 |
| | 5-37 | К7 | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -206,8 | 75,3 | -131,5 | 0,0256 | -33 |
| | 4-5 | К1 | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -114,7 | -4,8 | -119,6 | 0,0262 | -46 |
| 3-4 | К1 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -132,3 | -4,8 | -137,2 | 0,0253 | -63 | |
| $\Delta = \frac{-0,02}{0,5 \cdot 384} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,02}{\sum / \Delta P / = 384}$ | |
| К6 | 36-37 | К5 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 51,3 | -37,9 | 13,5 | 0,0334 | 1 |
| | 15-36 | К5 | 250 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 23,7 | -37,9 | -14,1 | 0,0339 | -1 |
| | 14-15 | К2 | 350 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 119,9 | -64,3 | 55,6 | 0,0317 | 28 |
| | 14-38 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 157,4 | -104,4 | 53,0 | 0,0321 | 12 |
| | 38-39 | К7 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 17,9 | 37,5 | 55,4 | 0,0318 | 15 |
| | 39-40 | К7 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -26,4 | 37,5 | 11,1 | 0,0325 | 1 |
| | 40-41 | К7 | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -70,6 | 37,5 | -33,1 | 0,0361 | -8 |
| | 41-42 | К7 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -100,4 | 37,5 | -62,9 | 0,0308 | -12 |
| 37-42 | К7 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -127,6 | 37,5 | -90,1 | 0,0281 | -36 | |

Продолжение таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_P , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|---|---|---------------------------|-----------|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{VЧ}$, м ³ /ч | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| $\Delta = \frac{-0,02}{0,5 \cdot 154} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,02}{\sum / \Delta P / = 154}$ | | | |
| К7 | 5-6 | К1 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 115,4 | -80,2 | 35,3 | 0,0356 | 5 |
| | 6-7 | К1 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 132,9 | -80,2 | 52,7 | 0,0322 | 10 |
| | 7-43 | | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -14,4 | -66,4 | -80,7 | 0,0289 | -14 |
| | 43-44 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,2 | -66,4 | -72,6 | 0,0297 | -26 |
| | 44-45 | | 260 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 8,5 | -66,4 | -57,9 | 0,0314 | -23 |
| | 45-46 | | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 23,9 | -66,4 | -42,4 | 0,0340 | -14 |
| | 46-47 | | 200 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 37,4 | -66,4 | -29,0 | 0,0374 | -5 |
| | 38-47 | К9 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 75,9 | -101,6 | -25,7 | 0,0385 | -6 |
| | 38-39 | К6 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -17,9 | -37,5 | -55,4 | 0,0318 | -15 |
| | 39-40 | К6 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 26,4 | -37,5 | -11,1 | 0,0325 | -1 |
| | 40-41 | К6 | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 70,6 | -37,5 | 33,1 | 0,0361 | 8 |
| | 41-42 | К6 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 100,4 | -37,5 | 62,9 | 0,0308 | 12 |
| | 37-42 | К6 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 127,6 | -37,5 | 90,1 | 0,0281 | 36 |
| 5-37 | К5 | 90 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 206,8 | -75,3 | 131,5 | 0,0256 | 33 | |
| $\Delta = \frac{-0,01}{0,5 \cdot 200} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,01}{\sum / \Delta P / = 200}$ | | | |
| К8 | 12-13 | К2 | 360 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -113,3 | 40,1 | -73,2 | 0,0296 | -47 |
| | 13-14 | К2 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -89,8 | 40,1 | -49,7 | 0,0327 | -11 |
| | 14-38 | К6 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -157,4 | 104,4 | -53,0 | 0,0321 | -12 |
| | 38-52 | К9 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,6 | 40,3 | 21,7 | 0,0392 | 3 |
| | 52-53 | К9 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,7 | 40,3 | 33,6 | 0,0360 | 6 |
| | 53-54 | К9 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,0 | 40,3 | 46,3 | 0,0332 | 9 |

Продолжение таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_P , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|--|-------------------------------------|---|-----------|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{VЧ}$, м ³ /ч | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| | 23-54 | К9 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,7 | 40,3 | 59,0 | 0,0313 | 19 |
| | 23-24 | К3 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 25,9 | 34,2 | 60,1 | 0,0311 | 20 |
| | 24-55 | КК11 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -7,5 | 26,4 | 19,0 | 0,0375 | 2 |
| | 55-56 | КК11 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 5,7 | 26,4 | 32,1 | 0,0364 | 5 |
| | 12-56 | КК11 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 14,6 | 26,4 | 41,1 | 0,0342 | 6 |
| $\Delta = \frac{-0,02}{0,5 \cdot 146} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,02}{\sum / \Delta P / = 146}$ | | |
| К9 | 38-47 | К7 | 280 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -75,9 | 101,6 | 25,7 | 0,0385 | 6 |
| | 47-48 | | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -12,9 | 35,2 | 22,2 | 0,0395 | 3 |
| | 48-49 | | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -4,7 | 35,2 | 30,5 | 0,0369 | 5 |
| | 49-50 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 4,1 | 35,2 | 39,3 | 0,0346 | 7 |
| | 50-51 | | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 13,6 | 35,2 | 48,8 | 0,0328 | 14 |
| | 22-51 | | 110 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 21,6 | 35,2 | 56,8 | 0,0316 | 9 |
| | 22-23 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -27,5 | -6,1 | -33,6 | 0,0360 | -6 |
| | 23-54 | К8 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -18,7 | -40,3 | -59,0 | 0,0313 | -19 |
| | 53-54 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -6,0 | -40,3 | -46,3 | 0,0332 | -9 |
| | 52-53 | К8 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,7 | -40,3 | -33,6 | 0,0360 | -6 |
| 38-52 | К8 | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 18,6 | -40,3 | -21,7 | 0,0392 | -3 | |
| $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 63} \cdot 100 = 0 \%$ | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = 0}{\sum / \Delta P / = 63}$ | | |
| К10 | 10-17 | К2 | 380 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 270,6 | -10,8 | 259,9 | 0,0216 | 456 |
| | 17-35 | К5 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 59,8 | 15,7 | 75,5 | 0,0294 | 25 |
| | 35-57 | | 290 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 43,6 | 24,6 | 68,2 | 0,0302 | 33 |
| | 57-58 | | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 35,1 | 24,6 | 59,7 | 0,0312 | 25 |

Продолжение таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_P , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|--|-------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{УЧ}$, м ³ /ч | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| | 58-59 | | 100 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 27,6 | 24,6 | 52,2 | 0,0322 | 7 |
| | 59-60 | | 170 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 11,5 | 24,6 | 36,1 | 0,0354 | 6 |
| | 60-61 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -16,2 | 24,6 | 8,4 | 0,0431 | 1 |
| | 61-62 | КК11 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -68,7 | -24,5 | -93,2 | 0,0279 | -28 |
| | 11-62 | КК11 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -79,7 | -24,5 | -104,2 | 0,0271 | -53 |
| | 10-11 | К2 | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -276,5 | -10,8 | -287,3 | 0,0211 | -472 |
| $\Delta = \frac{-0,02}{0,5 \cdot 1079} \cdot 100 = 0 \%,$ | | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = -0,02}{\sum / \Delta P / = 1079}$ | |
| 09 К11 | 24-55 | К8 | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 7,5 | -26,4 | -19,0 | 0,0375 | -2 |
| | 55-56 | К8 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -5,7 | -26,4 | -32,1 | 0,0364 | -5 |
| | 12-56 | К8 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -14,6 | -26,4 | -41,1 | 0,0342 | -6 |
| | 11-12 | К2 | 270 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -162,3 | 13,7 | -148,6 | 0,0248 | -122 |
| | 11-62 | КК10 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 79,7 | 24,5 | 104,2 | 0,0271 | 53 |
| | 61-62 | КК10 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 68,7 | 24,5 | 93,2 | 0,0279 | 28 |
| | 61-63 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 24,0 | 49,0 | 73,1 | 0,0297 | 20 |
| | 63-64 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 6,1 | 49,0 | 55,1 | 0,0318 | 19 |
| | 64-65 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -4,0 | 49,0 | 45,1 | 0,0335 | 8 |
| | 65-66 | | 230 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -40,6 | 49,0 | 8,4 | 0,0428 | 1 |
| | 66-67 | | 240 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -62,0 | 49,0 | -12,9 | 0,0330 | -1 |
| | 25-67 | | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -95,7 | 49,0 | -46,6 | 0,0332 | -12 |
| 24-25 | К3 | 160 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 62,7 | 7,7 | 70,4 | 0,0299 | 20 | |
| $\Delta = \frac{0,0}{0,5 \cdot 281} \cdot 100 = 0 \%,$ | | | | | | | | | $\frac{\sum \Delta P = 0,0}{\sum / \Delta P / = 281}$ | |

Окончание таблицы 15 – Гидравлический расчет сети низкого давления (окончательное распределение потоков)

| Номер контура (кольца) | Характеристика участков | | | | | Q_P , м ³ /ч (по таблице 13) | Окончательное распределение потоков | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|--|-------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| | номер | номер соседнего контура (кольца) | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | | $\Delta Q_{УЧ}$, м ³ /ч | Q_P , м ³ /ч | λ | ΔP , Па |
| К12 | 18-19 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -253,0 | -11,4 | -264,4 | 0,0215 | -235 |
| | 19-20 | К3 | 130 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -222,2 | -11,4 | -233,7 | 0,0222 | -130 |
| | 20-21 | К3 | 180 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -193,5 | -11,4 | -204,9 | 0,0229 | -143 |
| | 21-68 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -64,1 | 29,9 | -34,2 | 0,0359 | -12 |
| | 68-69 | | 330 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -31,9 | 29,9 | -2,0 | 0,1845 | 0 |
| | 69-70 | | 150 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | -7,9 | 29,9 | 22,0 | 0,0393 | 2 |
| | 70-71 | | 230 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 12,2 | 29,9 | 42,0 | 0,0340 | 11 |
| | 71-72 | | 210 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 33,2 | 29,9 | 63,1 | 0,0308 | 21 |
| | 72-73 | | 340 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 60,2 | 29,9 | 90,1 | 0,0281 | 64 |
| | 27-73 | | 260 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 88,7 | 29,9 | 118,6 | 0,0263 | 79 |
| | 18-27 | К3 | 190 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7 | 144,6 | 338,6 | -11,4 | 327,1 | 0,0204 | 341 |
| $\Delta = \frac{0,0}{0,5 \cdot 1005} \cdot 100 = 0 \%,$ | | | | | | | | | $\frac{\Sigma \Delta P = 0,0}{\Sigma / \Delta P / = 1005}$ | |

Таблица 16 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети
низкого давления

| Номер участка | $Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $P_H, \text{ кПа}$ | $\Delta P, \text{ Па}$ | $P_K, \text{ кПа}$ |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| 1-2 | 332,9 | 327,7 | 321,4 | 5,000 | 288,4 | 4,712 |
| 2-3 | 189,2 | 173,1 | 153,3 | 4,712 | 194,6 | 4,517 |
| 3-4 | 145,3 | 137,2 | 127,2 | 4,517 | 62,8 | 4,454 |
| 4-5 | 127,2 | 119,6 | 110,3 | 4,454 | 46,3 | 4,408 |
| 5-6 | 43,4 | 35,3 | 25,2 | 4,413 | -5,1 | 4,408 |
| 6-7 | 60,3 | 52,7 | 43,4 | 4,423 | -9,6 | 4,413 |
| 7-8 | 181,8 | 164,5 | 143,5 | 4,617 | -194,3 | 4,423 |
| 8-9 | 220,3 | 210,3 | 198,0 | 4,874 | -257,0 | 4,617 |
| 1-9 | 244,8 | 240,9 | 236,2 | 5,000 | -126,2 | 4,874 |
| 10-11 | 299,3 | 287,3 | 272,6 | 5,000 | 472,4 | 4,528 |
| 11-12 | 162,5 | 148,6 | 131,6 | 4,528 | 121,9 | 4,406 |
| 12-13 | 87,0 | 73,2 | 56,2 | 4,406 | 47,0 | 4,359 |
| 13-14 | 56,2 | 49,7 | 41,6 | 4,359 | 11,3 | 4,347 |
| 14-15 | 84,1 | 55,7 | 20,8 | 4,375 | -28,3 | 4,347 |
| 15-16 | 142,4 | 132,1 | 119,5 | 4,453 | -77,1 | 4,375 |
| 16-17 | 163,1 | 153,7 | 142,4 | 4,544 | -91,1 | 4,453 |
| 10-17 | 273,7 | 259,9 | 242,9 | 5,000 | -456,4 | 4,544 |
| 18-19 | 280,5 | 264,4 | 244,7 | 5,000 | 235,2 | 4,765 |
| 19-20 | 244,7 | 233,7 | 220,2 | 4,765 | 129,6 | 4,635 |
| 20-21 | 220,2 | 204,9 | 186,3 | 4,635 | 142,7 | 4,492 |
| 21-22 | 137,4 | 122,8 | 105,1 | 4,492 | 113,3 | 4,379 |
| 22-23 | 45,8 | 33,6 | 18,7 | 4,379 | 6,4 | 4,373 |
| 23-24 | 71,0 | 60,1 | 46,7 | 4,393 | -20,4 | 4,373 |
| 24-25 | 80,4 | 70,4 | 58,1 | 4,413 | -19,5 | 4,393 |
| 25-26 | 154,5 | 144,2 | 131,5 | 4,520 | -107,1 | 4,413 |
| 26-27 | 177,6 | 167,3 | 154,5 | 4,659 | -138,8 | 4,520 |
| 18-27 | 343,3 | 327,1 | 307,5 | 5,000 | -341,4 | 4,659 |
| 2-28 | 132,2 | 131,5 | 130,7 | 4,712 | 14,6 | 4,697 |
| 28-29 | 113,6 | 107,7 | 100,5 | 4,697 | 87,4 | 4,610 |
| 29-30 | 82,9 | 77,2 | 70,3 | 4,610 | 48,8 | 4,561 |
| 30-31 | 70,3 | 66,1 | 60,9 | 4,561 | 24,1 | 4,537 |
| 31-32 | 60,9 | 57,1 | 52,4 | 4,537 | 16,9 | 4,520 |
| 32-33 | 30,3 | 18,2 | 8,4 | 4,520 | 2,8 | 4,517 |
| 3-33 | 8,0 | 0,6 | -8,4 | 4,517 | 0,0 | 4,517 |
| 32-34 | 14,7 | 12,1 | 8,9 | 4,520 | 0,4 | 4,519 |
| 34-35 | 8,9 | 5,1 | 2,0 | 4,519 | 0,2 | 4,519 |
| 17-35 | 79,9 | 75,5 | 70,1 | 4,544 | -24,8 | 4,519 |
| 15-36 | 35,3 | 14,1 | -3,3 | 4,375 | 1,4 | 4,374 |
| 36-37 | 21,8 | 13,5 | 3,3 | 4,375 | -0,6 | 4,374 |
| 5-37 | 135,5 | 131,5 | 126,6 | 4,408 | -32,8 | 4,375 |

Продолжение таблица 16 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления

| Номер участка | $Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$ | $P_H, \text{ кПа}$ | $\Delta P, \text{ Па}$ | $P_K, \text{ кПа}$ |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| 14-38 | 62,5 | 53,0 | 41,5 | 4,347 | 11,9 | 4,335 |
| 38-39 | 70,0 | 55,4 | 37,5 | 4,335 | 15,2 | 4,320 |
| 39-40 | 37,5 | 11,1 | -10,5 | 4,320 | 0,9 | 4,319 |
| 40-41 | 51,6 | 33,1 | 10,5 | 4,327 | 7,8 | 4,319 |
| 41-42 | 72,2 | 63,0 | 51,6 | 4,339 | 12,1 | 4,327 |
| 37-42 | 104,8 | 90,1 | 72,2 | 4,375 | 35,8 | 4,339 |
| 7-43 | 83,1 | 80,8 | 77,9 | 4,423 | 14,0 | 4,409 |
| 43-44 | 77,9 | 72,6 | 66,2 | 4,409 | 25,8 | 4,383 |
| 44-45 | 66,2 | 57,9 | 51,1 | 4,383 | 22,6 | 4,360 |
| 45-46 | 51,1 | 42,5 | 35,4 | 4,360 | 13,6 | 4,347 |
| 46-47 | 35,4 | 29,0 | 23,7 | 4,347 | 5,2 | 4,341 |
| 38-47 | 42,4 | 25,7 | 12,0 | 4,341 | 5,9 | 4,336 |
| 38-52 | 28,1 | 21,7 | 16,5 | 4,339 | 2,6 | 4,336 |
| 52-53 | 40,3 | 33,6 | 28,1 | 4,345 | 6,0 | 4,339 |
| 53-54 | 51,2 | 46,3 | 40,3 | 4,354 | 9,4 | 4,345 |
| 23-54 | 65,5 | 59,0 | 51,2 | 4,373 | 18,9 | 4,354 |
| 24-55 | 26,4 | 19,0 | 12,9 | 4,395 | 2,3 | 4,393 |
| 55-56 | 36,8 | 32,1 | 26,4 | 4,400 | 5,0 | 4,395 |
| 12-56 | 44,5 | 41,0 | 36,8 | 4,406 | 5,7 | 4,400 |
| 47-48 | 26,7 | 22,2 | 18,6 | 4,344 | 2,6 | 4,342 |
| 48-49 | 35,2 | 30,5 | 26,7 | 4,349 | 4,8 | 4,344 |
| 49-50 | 42,7 | 39,3 | 35,2 | 4,356 | 6,6 | 4,349 |
| 50-51 | 53,7 | 48,8 | 42,7 | 4,370 | 14,1 | 4,356 |
| 22-51 | 59,3 | 56,8 | 53,7 | 4,379 | 9,2 | 4,370 |
| 35-57 | 72,1 | 68,1 | 63,3 | 4,519 | 33,5 | 4,486 |
| 57-58 | 61,3 | 59,7 | 57,8 | 4,486 | 24,7 | 4,461 |
| 58-59 | 57,8 | 52,2 | 45,5 | 4,461 | 7,2 | 4,454 |
| 59-60 | 45,5 | 36,1 | 24,6 | 4,454 | 6,4 | 4,447 |
| 60-61 | 24,6 | 8,4 | -4,9 | 4,447 | 0,6 | 4,4468 |
| 61-62 | 96,9 | 93,2 | 88,5 | 4,474 | 27,9 | 4,4463 |
| 11-62 | 110,1 | 104,2 | 96,9 | 4,528 | 53,4 | 4,474 |
| 61-63 | 83,6 | 73,1 | 60,2 | 4,447 | 19,6 | 4,427 |
| 63-64 | 60,2 | 55,1 | 48,9 | 4,427 | 19,1 | 4,408 |
| 64-65 | 48,9 | 45,1 | 41,9 | 4,408 | 8,4 | 4,400 |
| 65-66 | 19,9 | 8,4 | -1,0 | 4,400 | 0,6 | 4,399 |
| 66-67 | 22,8 | 13,0 | 1,0 | 4,400 | 1,1 | 4,399 |
| 25-67 | 51,1 | 46,7 | 41,3 | 4,413 | 12,5 | 4,400 |
| 21-68 | 48,9 | 34,2 | 16,2 | 4,492 | 11,7 | 4,481 |
| 68-69 | 16,2 | 2,0 | -15,5 | 4,481 | 0,2 | 4,481 |
| 69-70 | 29,9 | 22,0 | 15,5 | 4,483 | 2,3 | 4,481 |

Окончание таблица 16 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления

| Номер участка | Q_H , м ³ /ч | Q_P , м ³ /ч | Q_K , м ³ /ч | P_H , кПа | ΔP , Па | P_K , кПа |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| 70-71 | 52,0 | 42,0 | 29,9 | 4,494 | 11,4 | 4,483 |
| 71-72 | 72,2 | 63,1 | 52,0 | 4,515 | 21,2 | 4,494 |
| 72-73 | 104,8 | 90,1 | 72,2 | 4,579 | 64,0 | 4,515 |
| 27-73 | 129,8 | 118,6 | 104,8 | 4,659 | 79,1 | 4,579 |

Таблица 17 – Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети

| Номер участка | l , м | $d_n \times S$, мм | d , мм | Q_p , м ³ /ч | λ | ΔP , Па | P_H , кПа | P_K , кПа |
|---------------|---------|-------------------------|----------|---------------------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|
| 65-74 | 500 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0 | 57,0 | 12,1 | 0,0368 | 234 | 4,400 | 4,166 |
| 67-75 | 420 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 10,2 | 0,0363 | 435 | 4,400 | 3,965 |
| 57-76 | 120 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 1,1 | 0,1013 | 4 | 4,486 | 4,482 |
| 32-77 | 220 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 5,1 | 0,0356 | 56 | 4,520 | 4,463 |
| 77-78 | 140 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 1,3 | 0,0868 | 6 | 4,463 | 4,458 |
| 28-79 | 460 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0 | 57,0 | 16,8 | 0,0339 | 383 | 4,697 | 4,314 |
| 29-80 | 480 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0 | 57,0 | 17,3 | 0,0337 | 420 | 4,610 | 4,190 |
| 79-81 | 490 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-75x3,6 | 67,8 | 13,1 | 0,0377 | 115 | 4,314 | 4,199 |
| 81-82 | 580 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 4,9 | 0,0352 | 136 | 4,199 | 4,063 |
| 80-83 | 520 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0 | 57,0 | 13,3 | 0,0360 | 288 | 4,190 | 3,902 |
| 83-84 | 580 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0 | 57,0 | 4,9 | 0,0326 | 39 | 3,902 | 3,863 |
| 8-85 | 470 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-90x4,3 | 81,4 | 8,9 | 0,0353 | 19 | 4,617 | 4,597 |
| 9-86 | 460 | ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4 | 45,2 | 8,7 | 0,0377 | 366 | 4,874 | 4,508 |

1.10 Гидравлический расчет сети среднего давления

Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления проведен по методике, приведенной в [15]. Целью гидравлического расчета является определение диаметра распределительного газопровода и диаметра ответвлений, чтобы к каждому из потребителей поступал требуемый расход газа. Расчетная схема распределительного газопровода среднего давления – лист 3 графической части.

Диаметры участков определяются в зависимости от газа, проходящего по участку, и перепада квадрата давления на участке, $\text{кПа}^2/\text{м}$, которое определяется по формуле

$$(p_H^2 - p_K^2)_{уч} = 1,1 \cdot 1,2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \cdot \frac{Q_{уч}^2}{d^5} \cdot \rho l_{уч}, \text{ МПа}^2 \quad (41)$$

где λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$Q_{уч}$ - расход газа на участке газовой сети, $\text{м}^3/\text{ч}$;

d - внутренний диаметр участка газопровода, см;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$l_{уч}$ - длина участка газопровода, м.

Расчет распределительной газовой сети среднего давления сводится к определению давления газа в конце участка, которое должно удовлетворять условие

$$p_{к.уч} > p_K \quad (42)$$

где $p_{к.уч}$ – давление газа в конце участка, кПа ;

p_K – давление газа для нормальной работы потребителей, минимальное конечное давление в конце участка, кПа .

Давление газа в конце участка, кПа , рассчитывается по формуле

$$p_{к.уч} = \sqrt{p_{H.уч}^2 - (p_H^2 - p_K^2)_{уч}} \quad (43)$$

где $p_{H.уч}$ – давление газа в начале участка, кПа ;

$(p_H^2 - p_K^2)_{уч}$ - потери квадрата давления газа на участке, кПа^2 .

Давление газа перед ответвлением, кПа, рассчитывается по формуле

$$p_{H.уч} = \sqrt{p_H^2 - \sum \Delta P_C} \quad (44)$$

где p_H - начальное давление газа после головного ГРП, кПа;

$\sum \Delta P_C$ - суммарные потери квадрата давления по ходу движения газа в распределительной газовой сети, кПа².

Диаметры участков принимаются не менее 50 мм.

Расчет ориентировочного диаметра участков производится по формуле

$$d_p^{уч} = \sqrt[n]{\frac{ABpQ_{уч}^m}{\Delta P_{уд}}}, \text{ см}, \quad (45)$$

где $d_p^{уч}$ - расчетный внутренний диаметр участка, см;

A - коэффициент, зависящий от категории сети.

B, n, m - коэффициенты, зависящие от материала газопровода, для стальных труб $B = 0,022, n = 5, m = 2$;

p - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

$Q_{уч}$ - расход газа, проходящий по участку, м³/ч;

$\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение, МПа/м – для сетей среднего давления.

Значение коэффициента A для сетей среднего давления определяется по формуле

$$A = 6,34 \cdot 10^{-5} / p_{H.уч} \quad (46)$$

где $p_{H.уч}$ - начальное давление газа на участке, МПа;

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1l_{уч}}, \text{ МПа/м}, \quad (47)$$

где $\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение на участке, МПа/м;

$\Delta P_{доп}$ - допустимые потери давления на участке, МПа;

$l_{уч}$ – длина участка, м.

Допустимые потери давления определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{доп}} = p_{\text{н.уч}} - p_{\text{к.уч}}, \text{ МПа} \quad (48)$$

где $p_{\text{н.уч}}$ – начальное давление газа на участке, МПа;

$p_{\text{к.уч}}$ – давление газа для нормальной работы потребителя, обслуживаемого соответствующим участком, МПа.

После чего выполняется проверка по условию

$$p_{\text{к.уч}} - p_{\text{п}} > 0, \quad (49)$$

где $p_{\text{к.уч}}$ – конечное давление газа на участке, МПа;

$p_{\text{п}}$ – давление газа для нормальной работы потребителя, обслуживаемого соответствующим участком, МПа.

Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления – таблица 18.

Таблица 18 – Гидравлический расчет сети среднего давления

| Номер участка | Диаметр участка, $d_n \times S$, мм | Длина участка, l , м | Расход газа на участке, $Q_{уч}$, м ³ /ч | λ | Потери давления на участке, $(p_H^2 - p_K^2)$, МПа ² | Давление газа на участке | |
|---------------|--------------------------------------|------------------------|--|-----------|--|--------------------------|-------------|
| | | | | | | p_H , МПа | p_K , МПа |
| 1-2 | 168x6 (156) | 550 | 3431,0 | 0,0183 | 0,0135 | 0,250 | 0,221 |
| 2-3 | 114x5 (104) | 360 | 2234,2 | 0,0200 | 0,0311 | 0,221 | 0,134 |
| 3-4 | 102x5 (92) | 30 | 1656,5 | 0,0206 | 0,0027 | 0,134 | 0,123 |
| 2-5 | 70x5 (60) | 180 | 573,0 | 0,0231 | 0,0185 | 0,221 | 0,175 |
| 2-6 | 76x5 (66) | 330 | 623,8 | 0,0226 | 0,0245 | 0,221 | 0,157 |
| 3-7 | 60x5 (50) | 20 | 577,7 | 0,0239 | 0,0054 | 0,134 | 0,112 |

1.11 Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторной станции

Для снижения давления газа, поступающего в поселок из магистрального газопровода, проектируется газораспределительная станция.

С учетом планировки поселка, из условия оптимального расстояния действия ГРП, в поселке проектируются три сетевых газорегуляторных пункта.

В зависимости от величины давления газа на вводе в ГРП их разделяют на ГРП среднего давления с давлением газа до 0,3 МПа и ГРП высокого давления с давлением газа более 0,3 до 1,2 МПа избыточных.

На основании приведенных ранее расчетов данные для подбора ГРП сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Исходные данные для подбора ГРП

| Наименование ГРП | Избыточное давление газа перед ГРП (начальное), кПа | Избыточное давление газа после ГРП (конечное), кПа | Расчетный расход газа, м ³ /ч |
|------------------|---|--|--|
| ГРС | 600 | 250 | 3431 |
| ГРП №1 | 112 | 5 | 577,7 |
| ГРП №2 | 175 | 5 | 573 |
| ГРП №3 | 157 | 5 | 623,8 |
| Котельная | 123 | 30 | 1656,5 |

Из условий пропускной способности ГРП, избыточного давления до и после регулятора давления к установке принимаем следующие газорегуляторные пункты:

- ГРС – газорегуляторная станция с регулятором давления РДУК-2В-100/50;
- ГРП №1 – блочный газорегуляторный пункт с регулятором давления РД-50М/15;
- ГРП №2 – блочный газорегуляторный пункт с регулятором давления РД-50М/11;

– ГРП №3 – блочный газорегуляторный пункт с регулятором давления РД-50М/11;

– Котельная №1 – газорегуляторная установка с регулятором давления РДУК2Н-100/70;

Подбор типовых газорегуляторных пунктов сводится к определению их пропускной способности и коэффициент загрузки регулятора.

Регулятор давления РДУК-2В-100, стабильно работает с коэффициентом загрузки $K_3=10\div 80\%$, который определяется по формуле

$$K_3 = \frac{Q_P}{Q_{max}} \cdot 100 \quad (50)$$

где Q_P - расчетная пропускная способность регулятора, м³/ч;

Q_{max} - максимальная пропускная способность регулятора, м³/ч.

Максимальная пропускная способность регуляторов давления РДУК-2, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{max} = 1,595 \cdot f \cdot \varphi \cdot K \cdot p_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{p_{\Gamma}}} \quad (51)$$

где f - площадь седла клапана регулятора давления (за вычетом площади штока), см²;

φ - коэффициент, зависящий от отношения p_1/p_2 ;

K - коэффициент расхода;

p_1 - абсолютное давление газа на входе, кПа;

p_2 - абсолютное давление газа на выходе, кПа;

p_{Γ} - плотность газа, кг/м³.

Регуляторы давления РД-50М стабильно работают с коэффициентом загрузки $K_3=10\div 80\%$, который определяется по формуле

$$K_3 = \frac{Q}{Q_P} 100, \quad (52)$$

где Q - требуемая пропускная способность регулятора, м³/ч;

Q_P - расчетная пропускная способность регулятора, м³/ч.

На выбор регулятора давления РД-50 влияет перепад давления в дроссельном органе. При малых перепадах происходит докритическое истечение газа ($p_2/p_1 > 0,5$), а при определенном перепаде наступает критическое истечение газа ($p_2/p_1 < 0,5$), когда скорость газа равна скорости звука в газовой среде, где p_1 – абсолютное давление газа на входе, кПа, p_2 – абсолютное давление газа на выходе, кПа.

Расчетная пропускная способность регуляторов давления газа РД-50М определяется по формулам

$$\text{при } \left(\frac{p_2}{p_1} > 0,5\right) Q_P = 0,031 Q_{II} \sqrt{\frac{\Delta p \cdot p_2}{p_{Г}}} , \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (53)$$

$$\text{при } \left(\frac{p_2}{p_1} < 0,5\right) Q_P = 0,0157 Q_{II} \frac{p_1}{\sqrt{p_{Г}}} , \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (54)$$

где Q_{II} - паспортные данные регулятора в зависимости от давления газа на входе, кПа;

$\Delta p = p_1 - p_2$ - расчетный перепад давления, для которого определяется пропускная способность регулятора, кПа;

p_1 - абсолютное давление газа на входе, кПа;

p_2 - абсолютное давление газа на выходе, кПа;

$p_{Г}$ - плотность газа, кг/м³.

ГРС – регулятор РДУК-2В-100

Расчетный расход газа – 3431 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 600 кПа, абсолютное давление газа на входе 701 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 250 кПа, абсолютное давление газа на выходе 351 кПа.

Диаметр седла клапана регулятора давления 50 мм.

Площадь седла клапана регулятора давления – 19,6 см².

Коэффициент расхода – 0,42.

Плотность газа – 0,756 кг/м³.

При $p_2/p_1 = 351/701 = 0,50$, $\varphi = 0,47$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2В-100 рассчитывается по формуле (51) и составляет

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 19,6 \cdot 0,47 \cdot 0,42 \cdot 701 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,756}} = 5004,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент загрузки регулятора давления РДУК-2В-100 рассчитывается по формуле (50) и составляет

$$K_3 = \frac{3431}{5004,4} \cdot 100 = 68,6 \text{ \%}.$$

Коэффициент загрузки регулятора давления РДУК-2В-100/ лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

ГРП №1 – регулятор РД-50М

Расчетный расход газа – 577,7 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 112 кПа, абсолютное давление газа на входе 213 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,756 кг/м³.

При давлении газа до регулятора $p_1=213$ кПа и расходе газа $Q =577,7$ м³/ч, выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора $Q_{п}=281$ м³/ч (данные получены при помощи интерполяции).

Расчетная пропускная способность клапана при $p_2/p_1 = 106/213 = 0,5$ рассчитывается по формуле (53) и составляет

$$Q_p = 0,031 \cdot 281 \sqrt{\frac{107 \cdot 106}{0,756}} = 1067 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М рассчитывается по формуле (52) и составляет

$$K_3 = \frac{577,7}{1081} \cdot 100 = 53,5 \%$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

ГРП №2 – регулятор РД-50М

Расчетный расход газа – 573 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 175 кПа, абсолютное давление газа на входе 276 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,756 кг/м³.

При давлении газа до регулятора $p_1=276$ кПа и расходе газа $Q =573$ м³/ч, выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 11 мм. Паспортная производительность регулятора $Q_{\Pi} =213$ м³/ч (данные получены при помощи интерполяции).

Расчетная пропускная способность клапана при $p_2/p_1 = 106/276 = 0,39$ рассчитывается по формуле (54) и составляет

$$Q_P = 0,0157 \cdot 213 \frac{276}{\sqrt{0,756}} = 1062 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М рассчитывается по формуле (52) и составляет

$$K_3 = \frac{537}{061} \cdot 100 = 54 \%$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

ГРП №3 – регулятор РД-50М

Расчетный расход газа – 623,8 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 157 кПа, абсолютное давление газа на входе 258 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,756 кг/м³.

При давлении газа до регулятора $p_1=258$ кПа и расходе газа $Q =623,8$ м³/ч, выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 11 мм. Паспортная производительность регулятора $Q_{\Pi} =204$ м³/ч (данные получены при помощи интерполяции).

Расчетная пропускная способность клапана при $p_2/p_1 = 106/258 = 0,41$ рассчитывается по формуле (54) и составляет

$$Q_P = 0,0157 \cdot 204 \frac{258}{\sqrt{0,756}} = 950 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М рассчитывается по формуле (52) и составляет

$$K_3 = \frac{623,8}{949} \cdot 100 = 65,7 \%$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

ГРУ котельной №1 – регулятор РДУК2Н-100

Расчетный расход газа – 1656,5 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 123 кПа, абсолютное давление газа на входе 224 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 30 кПа, абсолютное давление газа на выходе 131 кПа.

Плотность газа – 0,756 кг/м³.

При давлении газа до регулятора $p_1=224$ кПа и расходе газа $Q =1656,5$ м³/ч, выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 70 мм. Паспортная производительность регулятора $Q_{\Pi} =478$ м³/ч (данные получены при помощи интерполяции).

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-100 рассчитывается по формуле (51) и составляет

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 38,4 \cdot 0,47 \cdot 0,4 \cdot 224,4 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,756}} = 2987,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Коэффициент загрузки регулятора давления РДУК-2Н-100 рассчитывается по формуле (50) и составляет

$$K_3 = \frac{1656,5}{2987,2} \cdot 100 = 55,5 \text{ \%}.$$

Коэффициент загрузки регулятора давления РДУК-2Н-100 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе рассмотрена газификация поселка Майна республика Хакасия, расход газа 11524,5 тыс. м³/год.

Расчеты велись на основании расчетных годовых и часовых расходов газа на бытовое и коммунально-бытовое потребление.

В процессе выполнения работы были рассчитаны объемы потребления газа; разработана двухступенчатая система газоснабжения, которая включает в себя тупиковую сеть среднего давления и одну независимую сеть низкого давления. Одна из сетей низкого давления комбинированная другая тупиковая. Произведен гидравлический расчет сетей, все кольца увязаны с погрешностью, не превышающей 0,1%; подобрано оборудование ГРП и ГРС.

Расчеты выполнены с соблюдением норм и правил современного проектирования, учтены требования энергосберегающих мероприятий.

Принятие инженерных решений было основано на выборе оптимального варианта организации систем газоснабжения поселка в условиях существующих тенденций развития современных энергосберегающих технологий.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГРП – газорегуляторный пункт.

ГРС – газорегуляторная станция.

РД – регулятор давления.

РДУК – регулятор давления универсальный Казанцева.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. – Введ. 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2011.
2. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических полиэтиленовых труб. - М.: Госстрой, 2004.
3. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. - М.: Госстрой, 2004.
4. Ионин, А.А. Газоснабжение: учебник /А.А. Ионин. - 5-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012.
5. Комина, Г. П. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 - теплогазоснабжение и вентиляция/ Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010.
6. Жила.В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н.//Газовые сети и установки. М.:Издательский центр «Академия», 2005. 272 с.
7. Баясанов Д.Б., Ионин А.А. // Распределительные системы газоснабжения. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
8. Колосов А.И. Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения/ А.И. Колосов, М.Я. Панов, В.Г. Стогней/ Вестник ВГТУ. 2013. №3-1. с. 56-62.
9. Авласевич А.И. Гидравлический расчет внутренних газопроводов из медных труб/ А.И.Авласевич, И.Б. Оленев// Фундаментальные исследования. 2017. №9 (Ч.1). с.9-13
10. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. // Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
11. Ионин А.А., Жила В.А., Артихович В.В., Пшоник М.Г. // Газоснабжение. М.: Изд-во АСИ, 2013. 472 с.

12. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999. – Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2013. - 67 с.

13. Газопроводы и арматура систем газоснабжения: методические указания к курсовой работе для студентов специальности 290700 – «Теплогазоснабжение и вентиляция». Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007, 40с.

14. Газоснабжение. Гидравлический расчет распределительных газовых сетей низкого давления: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

15. Газоснабжение. Гидравлический расчет газовой сети среднего давления: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

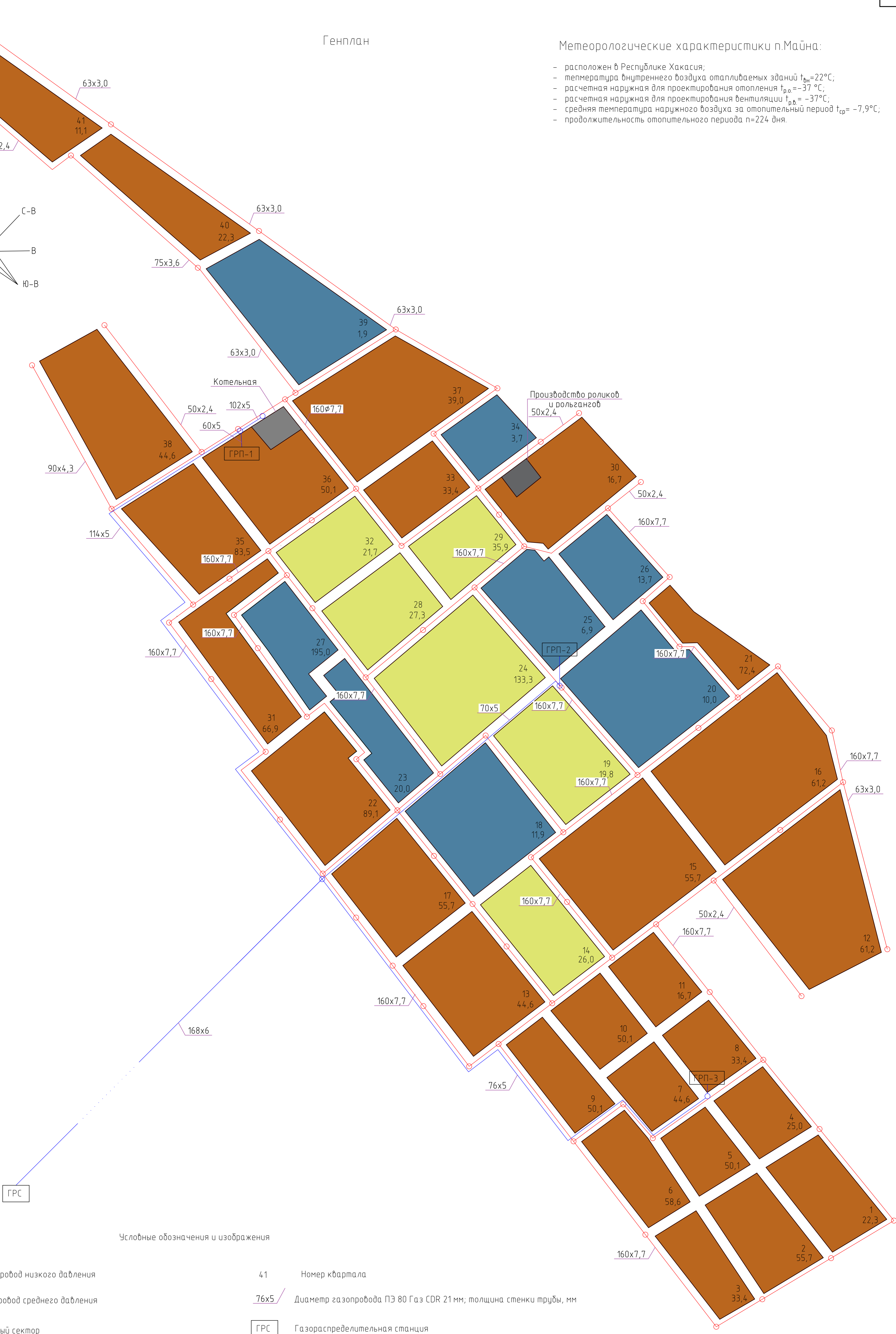
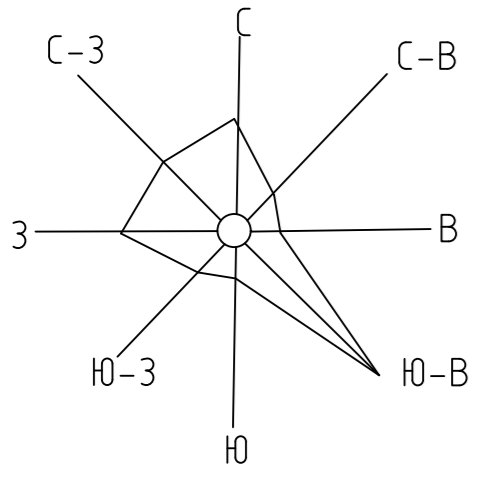
16. Газоснабжение. Расчет потребления природного газа: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

17. Технологические процессы в строительстве: методические указания к курсовой работе для студентов специальности 290700 – «Теплогазоснабжение и вентиляция». Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; 2013, 33с.

Генплан

Метеорологические характеристики п.Майна:

- расположен в Республике Хакасия;
- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий $t_{вн}=22^{\circ}\text{C}$;
- расчетная наружная для проектирования отопления $t_{р.о.}=-37^{\circ}\text{C}$;
- расчетная наружная для проектирования вентиляции $t_{р.в.}=-37^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ср}=-7,9^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $n=224$ дня.



Условные обозначения и изображения

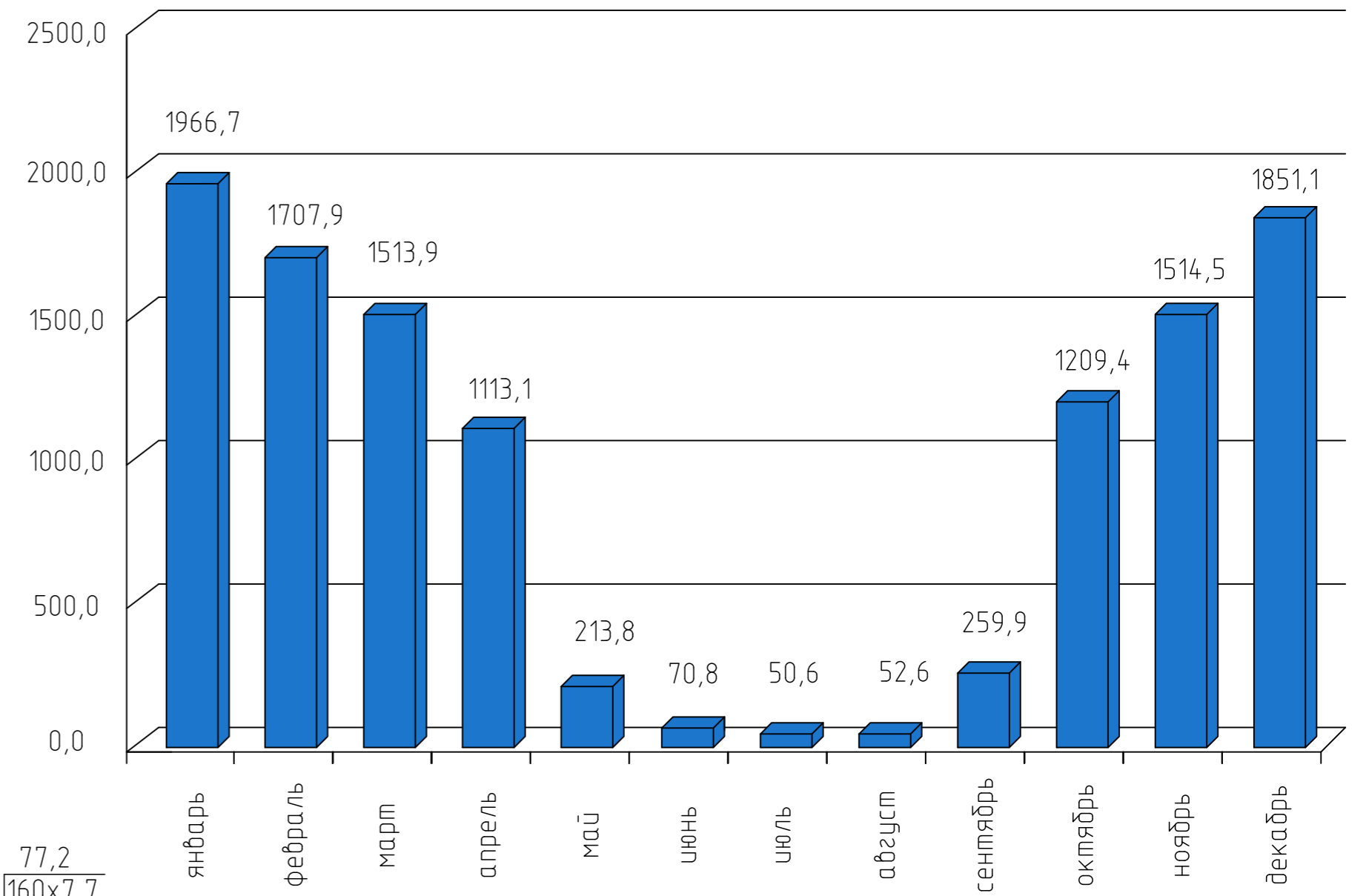
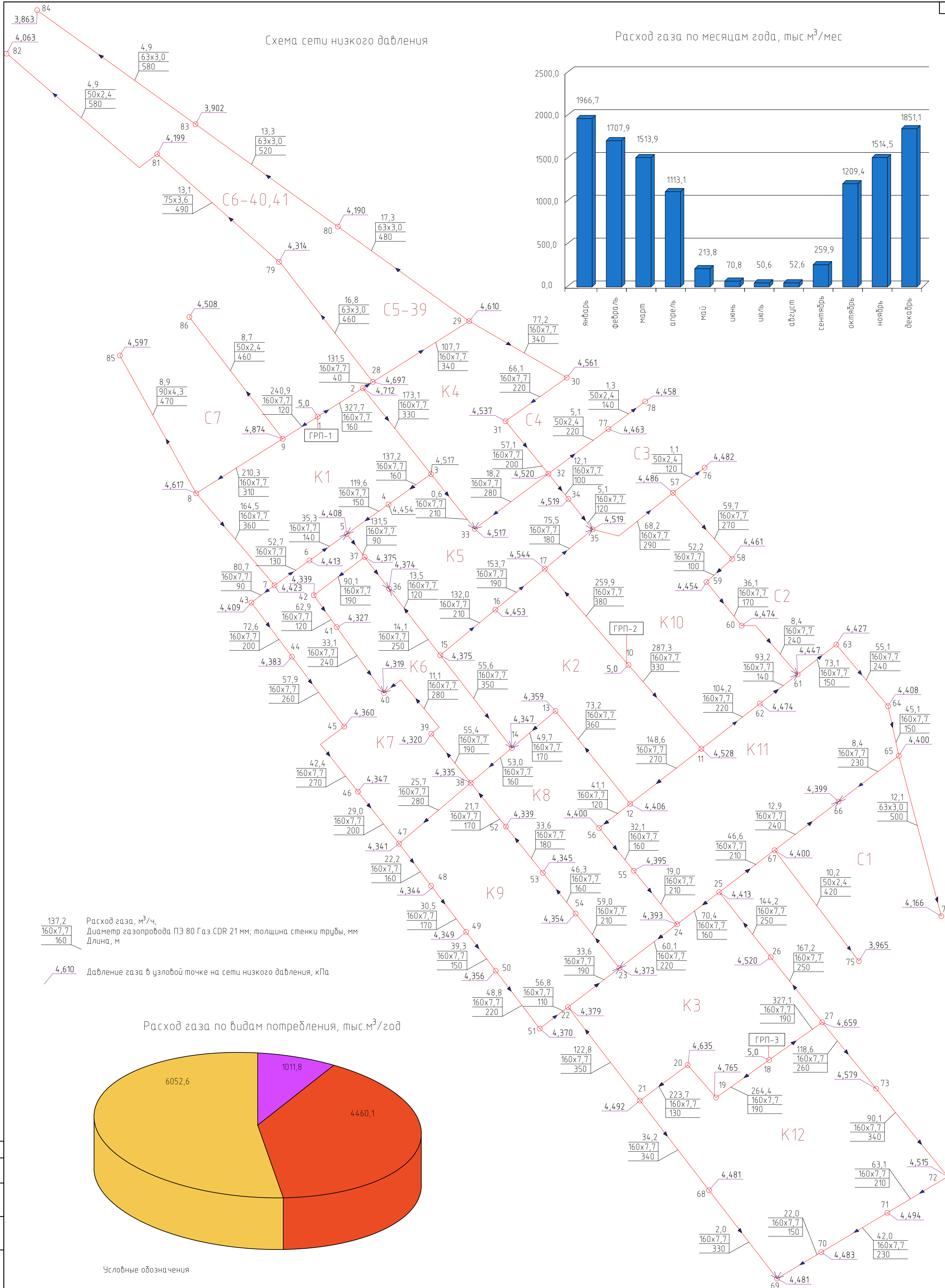
- Газопровод низкого давления
- Газопровод среднего давления
- Частный сектор
- Территория многоквартирной с центральным отоплением и горячим водоснабжением
- Территория смешанной застройки
- Промышленное предприятие

- 41 Номер квартала
- Диаметр газопровода ПЭ 80 Газ CDR 21 мм; толщина стенки трубы, мм
- ГРС Газораспределительная станция
- ГРП-1 Проектируемый ГРП
- 11,1 Расход газа кварталом, м³/ч

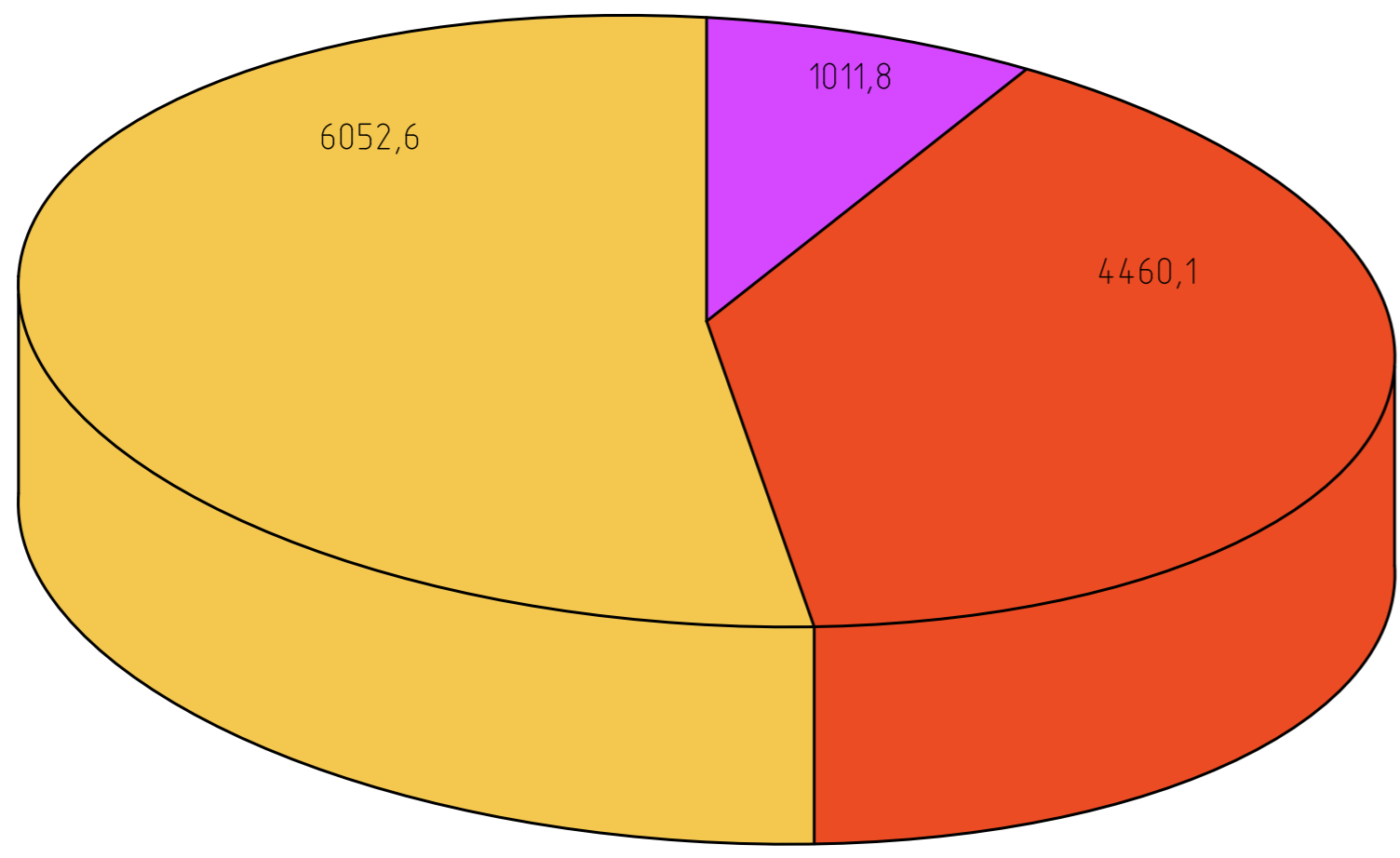
| | | | | | |
|---|------------------|------|--------|--------|------|
| БР-08.03.01-411939933-2023 ГС | | | | | |
| ФГАОУ ВО "Сибирский Федеральный Университет" | | | | | |
| Инженерно-строительный институт | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разработал | Петушица В.В. | | | | |
| Проверил | Оленев И.Б. | | | | |
| Н.контр. | Оленев И.Б. | | | | |
| Зав. каф. | Мельниченко А.И. | | | | |
| Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна | | | | Стадия | Лист |
| Генплан п. Майна М 1:5000 | | | | У | 1 |
| | | | | Листов | 5 |
| | | | | ИСЗиС | |

Схема сети низкого давления

Расход газа по месяцам года, тыс.м³/мес



Расход газа по видам потребления, тыс.м³/год



137,2 / 160x7,7 / 160 - Расход газа, м³/ч.
Диаметр газопровода ПЭ 80 Газ CDR 21 мм; толщина стенки трубы, мм
Длина, м

4,610 - Давление газа в узловой точке на сети низкого давления, кПа

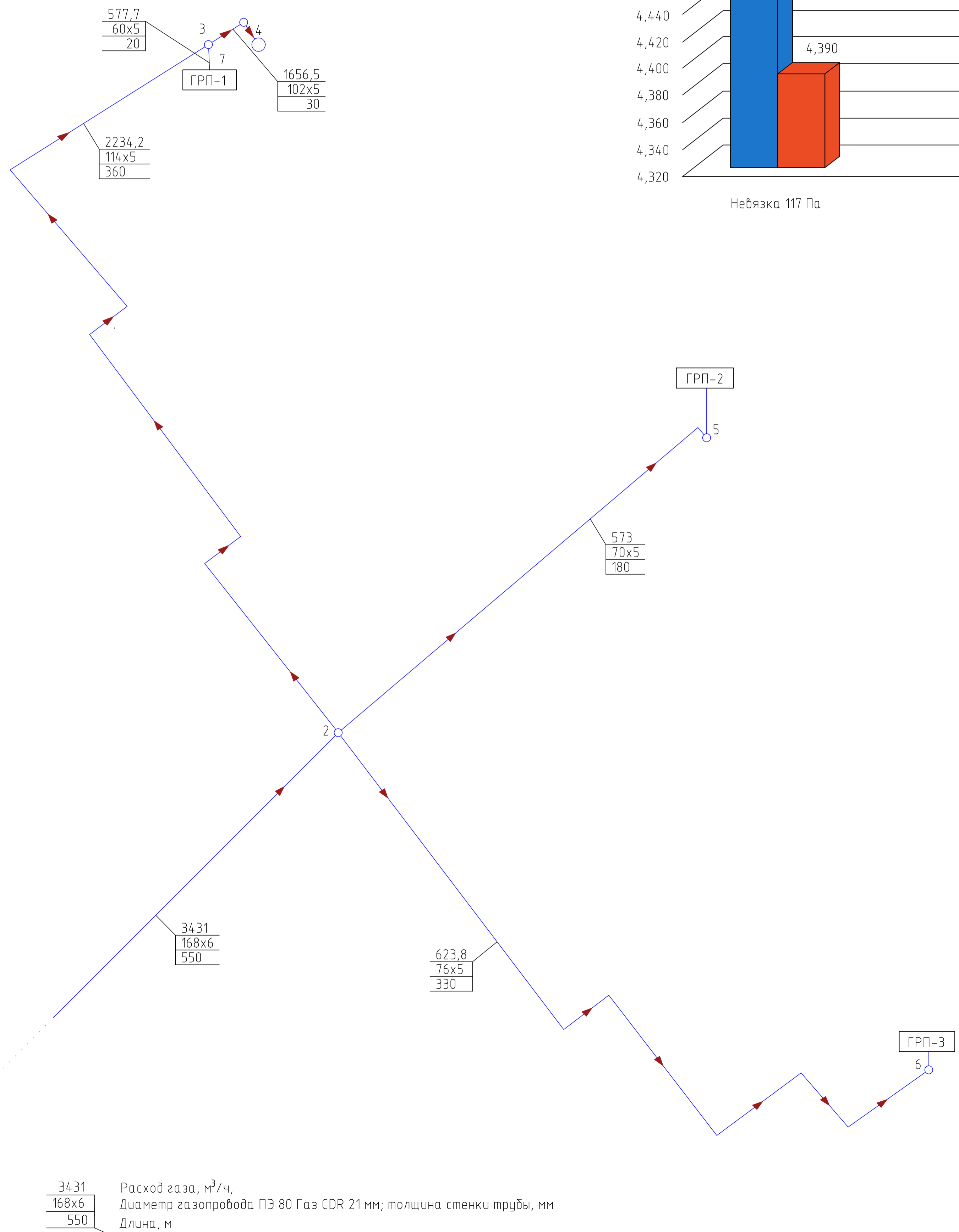
Условные обозначения

- Котельная
- ОБ население
- КПБ население

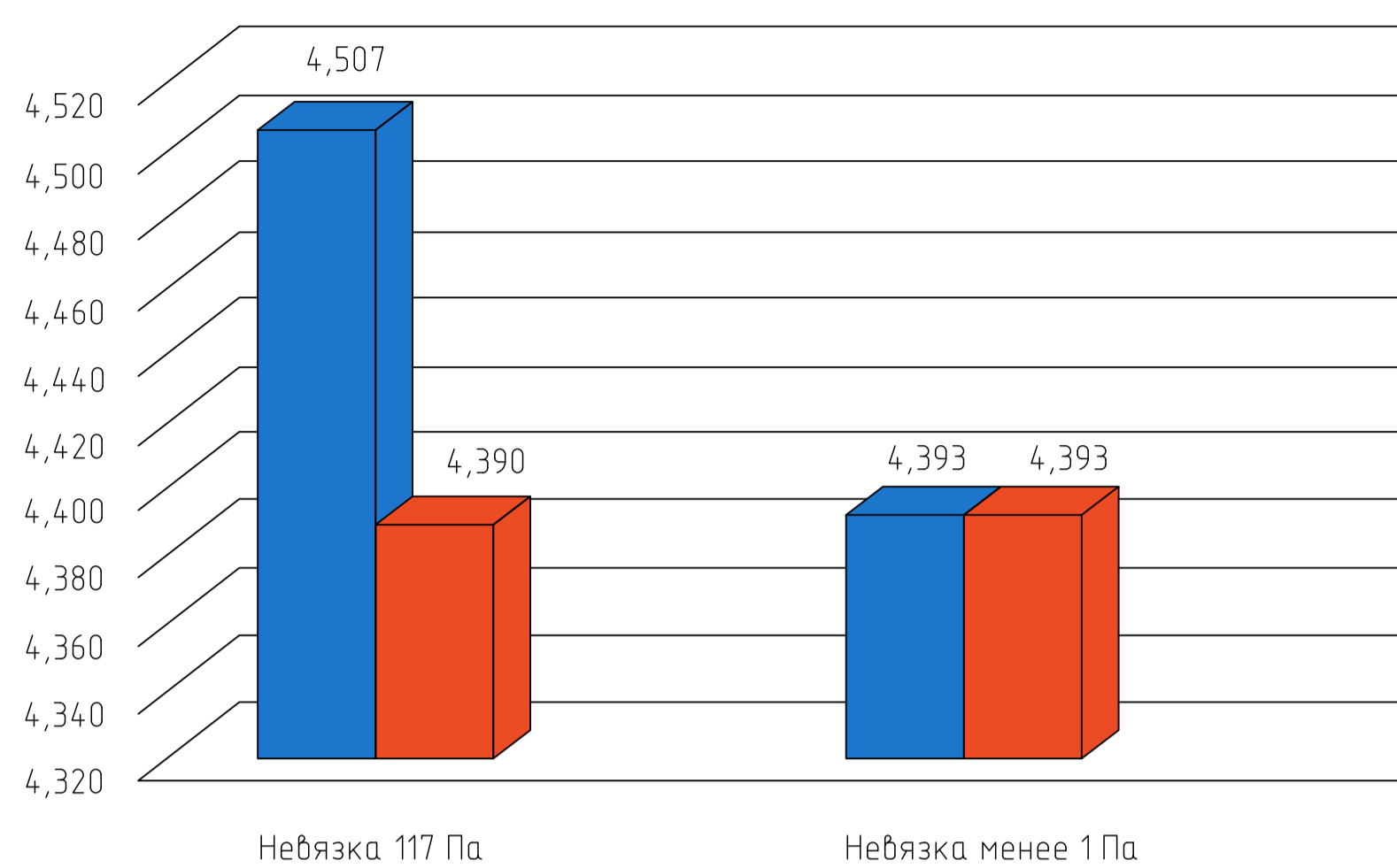
| | | | |
|---|------------------|--------|--------|
| БР-08.03.01-411939933-2023 ГС | | | |
| ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" | | | |
| Инженерно-строительный институт | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. |
| Разработал | Получил | ВВ | |
| Проверил | Оленев И.Б. | | |
| Н.контр. | Оленев И.Б. | | |
| Зав. каф. | Мельниченко А.И. | | |
| Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна | | Стадия | Лист |
| | | У | 2 |
| Схема сети низкого давления М 1:5000; Графика расхода газа | | Листов | 5 |
| | | ИСЗУС | |

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Составлено.

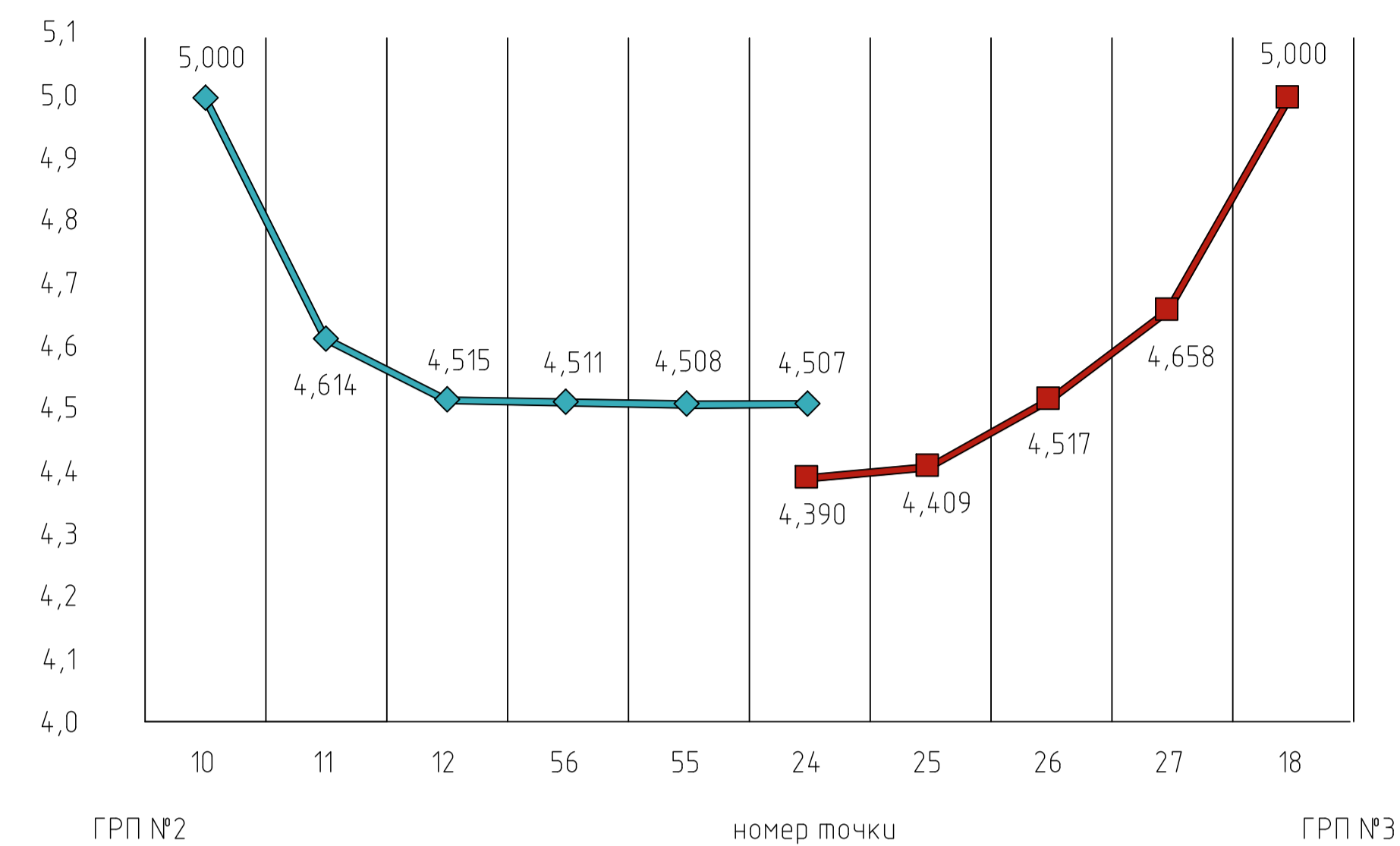
Схема сети среднего давления



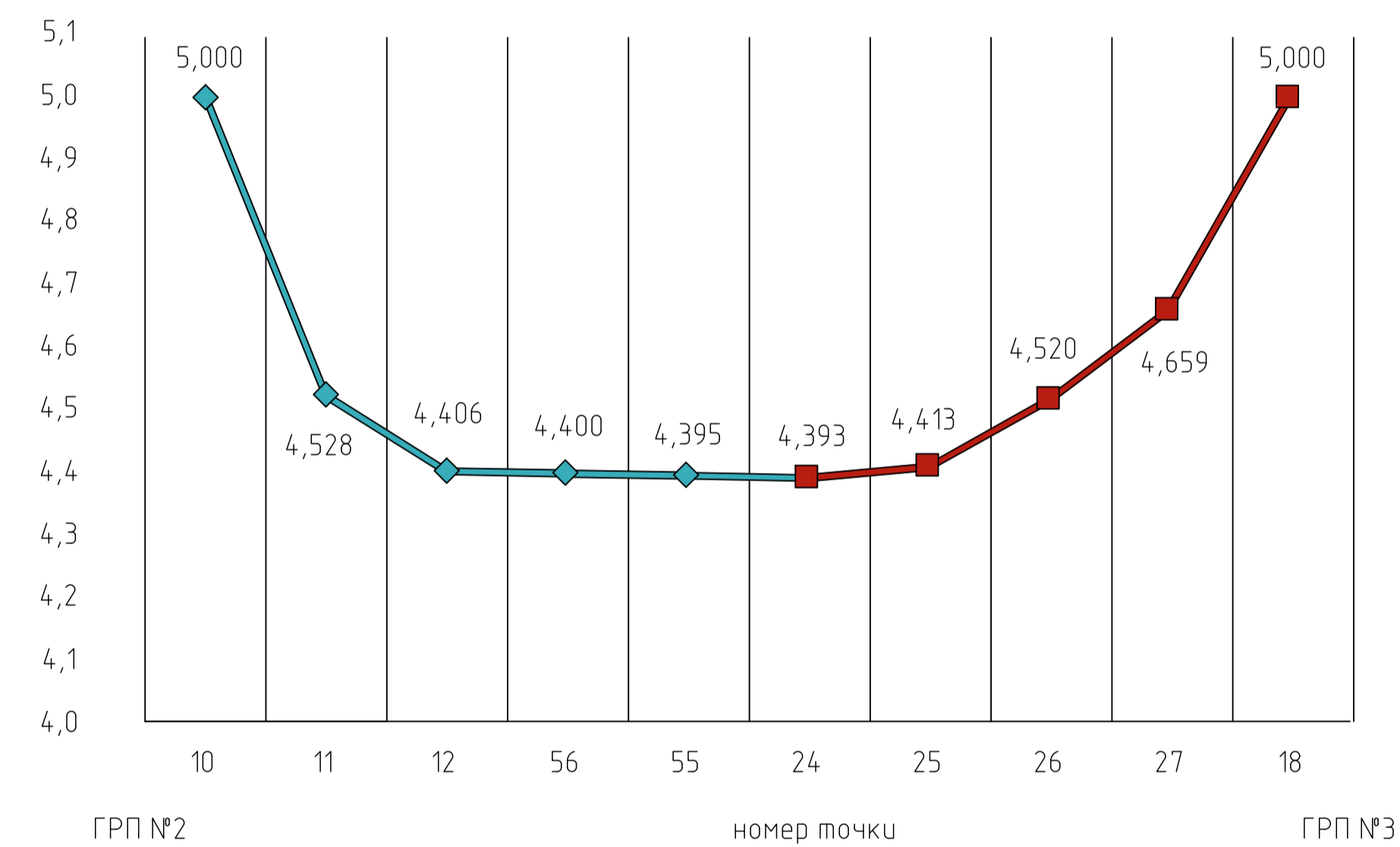
Результаты моделирования увязки давления в узловой точке № 24



Графики изменения давления газа по пути его следования от различных ГРП до узловой точке № 24



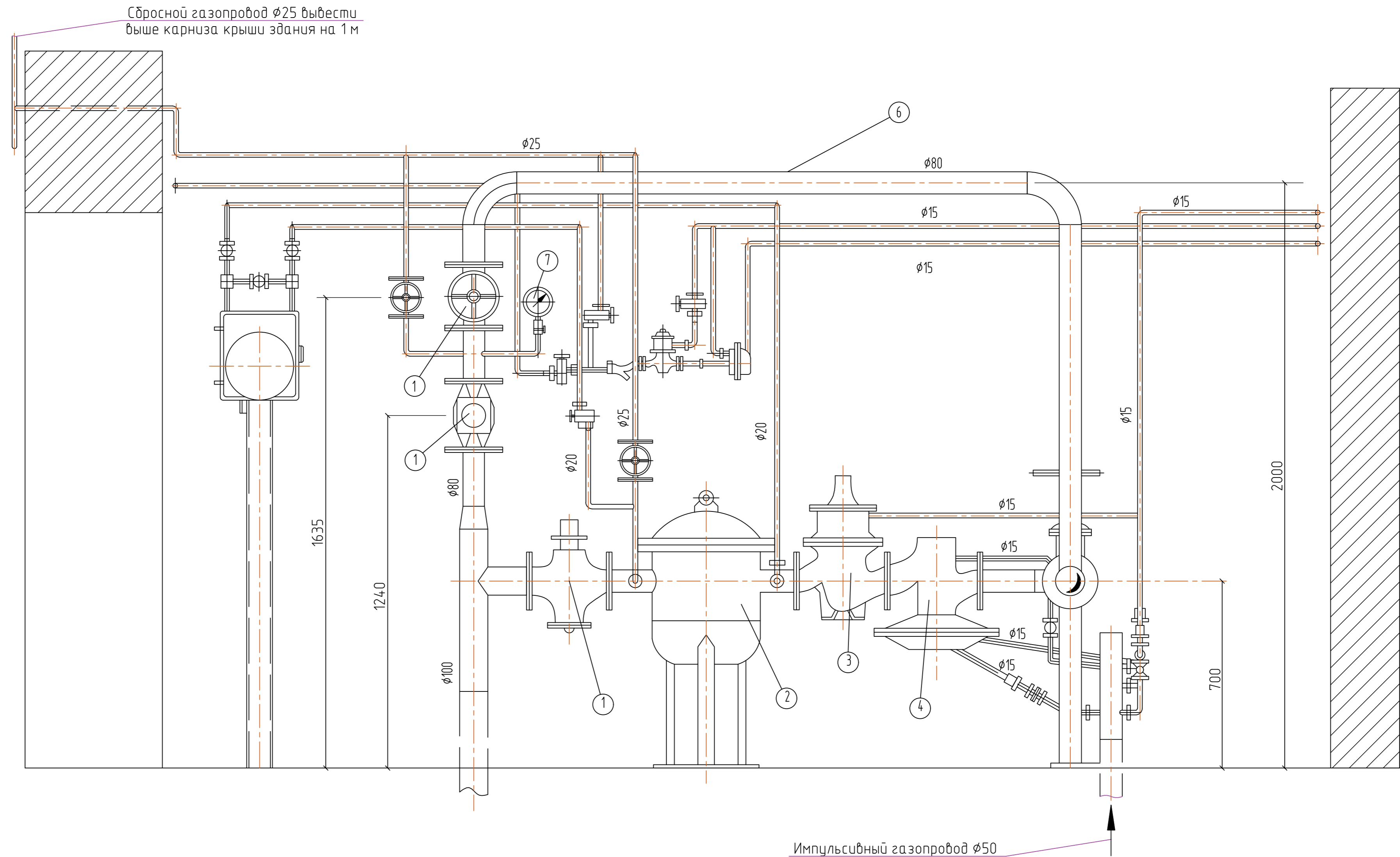
По заданной схеме потокораспределения



С учетом корректировки нагрузки на сетевые ГРП

| БР-08.03.01-411939933-2023 ГС | | | | | |
|--|--------------|------|--------|----------|------|
| ФГАОУ ВО "Сибирский Федеральный Университет" | | | | | |
| Инженерно-строительный институт | | | | | |
| Изм. | Кол. чл. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разработал | Матвеев ВВ | | | | |
| Проверил | Оленев И.Б. | | | | |
| Н. контр. | Оленев И.Б. | | | | |
| Заб. каф. | Матвеев А.И. | | | | |
| Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна | | | | Страница | Лист |
| Схема сети среднего давления М 15000; Результаты моделирования работы сети | | | | 4 | 3 |
| | | | | Листов | |
| | | | | 5 | |
| | | | | ИСЗиС | |

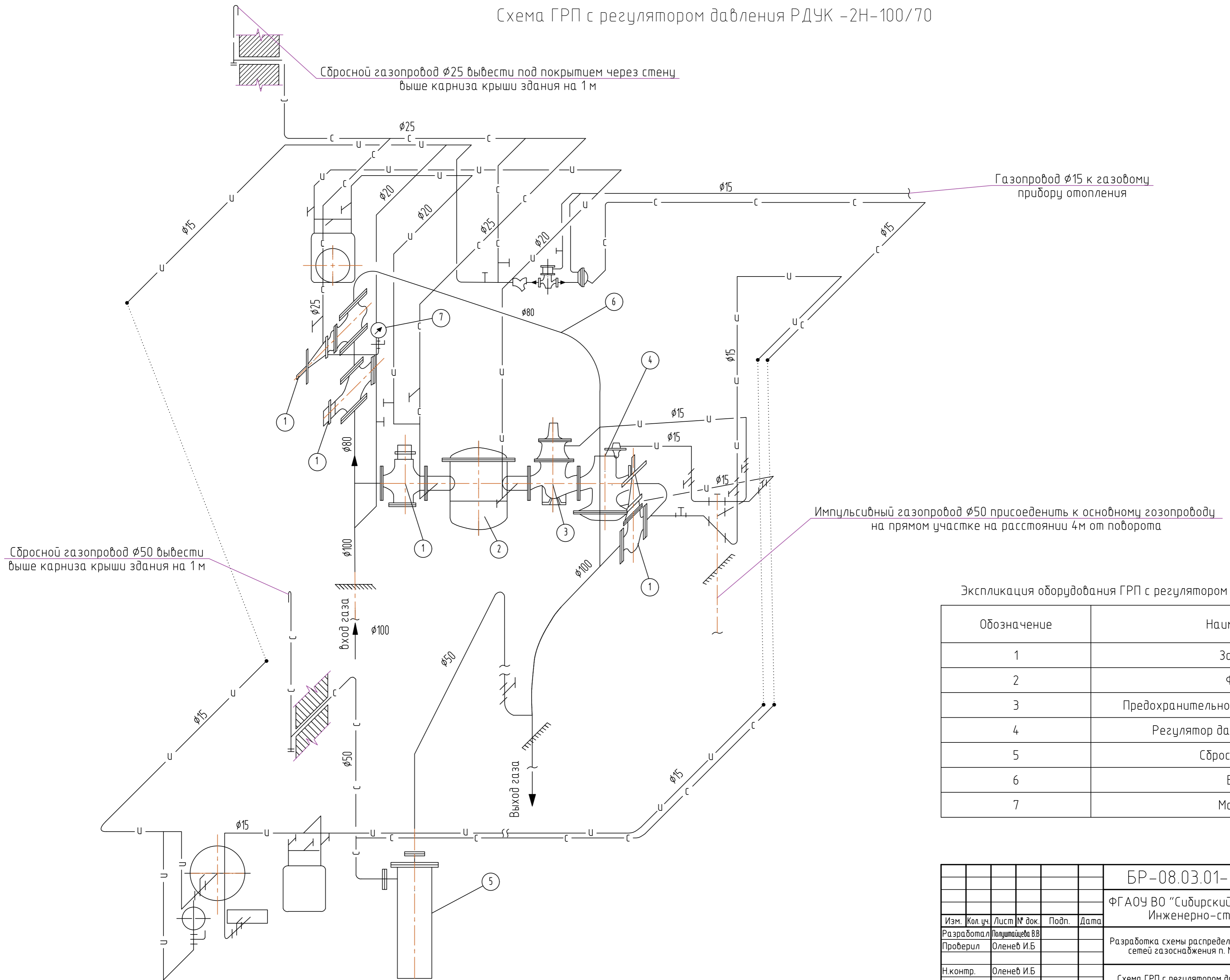
Разрез ГРП с регулятором давления РДУК-2Н-100/70



| | |
|--------------|--|
| Согласовано | |
| Инв. № подл. | |
| Подп. и дата | |
| Взам. инв. № | |

| | | | | | | |
|---|----------------|-------------|-------|--------|---|--------|
| БР-08.03.01-411939933-2023 ГС | | | | | | |
| ФГАОУ ВО "Сибирский Федеральный Университет" Инженерно-строительный институт | | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист № док. | Подп. | Дата | | |
| Разработал | Полухина В.В. | | | | Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна | |
| Проверил | Оленев И.Б. | | | | | |
| Н.контр. | Оленев И.Б. | | | | Разрез ГРП с регулятором давления РДУК-2Н-100/70 | |
| Заб. каф. | Матюшенко А.И. | | | | | |
| | | | | Стадия | Лист | Листов |
| | | | | у | 4 | 5 |
| | | | | ИСЗУС | | |

Схема ГРП с регулятором давления РДУК -2Н-100/70



Сбросной газопровод $\phi 25$ вывести под покрытием через стену выше карниза крыши здания на 1 м

Газопровод $\phi 15$ к газовому прибору отопления

Импульсивный газопровод $\phi 50$ присоединить к основному газопроводу на прямом участке на расстоянии 4 м от поворота

Сбросной газопровод $\phi 50$ вывести выше карниза крыши здания на 1 м

Экспликация оборудования ГРП с регулятором давление РДУК-2Н-100/70

| Обозначение | Наименование |
|-------------|--|
| 1 | Задвижка |
| 2 | Фильтр |
| 3 | Предохранительно-запорный клапан (ПЗК) |
| 4 | Регулятор давления РДУК-2-100 |
| 5 | Сбросной клапан |
| 6 | Байпас |
| 7 | Манометр |

| | | | | | | |
|---|----------------|-------------|-------|--------|---|--------|
| БР-08.03.01-411939933-2023 ГС | | | | | | |
| ФГАОУ ВО "Сибирский Федеральный Университет" Инженерно-строительный институт | | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист № док. | Подп. | Дата | | |
| Разработал | Полутаицева ВВ | | | | Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна | |
| Проверил | Оленев И.Б | | | | | |
| Н.контр. | Оленев И.Б | | | | Схема ГРП с регулятором давления РДУК-2Н-100/70 | |
| Заб. каф. | Матюшенко АИ | | | | | |
| | | | | Стадия | Лист | Листов |
| | | | | у | 5 | 5 |
| | | | | ИСЗУС | | |

Согласовано
Взам. инв. №
Подл. и дата
Инв. № подл.

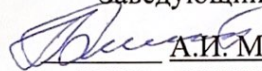
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт

Инженерные системы зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


А.И. Матюшенко
подпись инициалы, фамилия

«23» 06 2023г.


БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

код и наименование направления


Разработка схемы распределительных сетей газоснабжения п. Майна
тема

Руководитель


подпись, дата доцент, к.т.н
должность, ученая степень

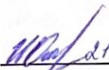
И.Б. Оленев
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.В. Полуштайцева
инициалы, фамилия

Нормоконтроль


подпись, дата

И.Б. Оленев
инициалы, фамилия

Красноярск 2023